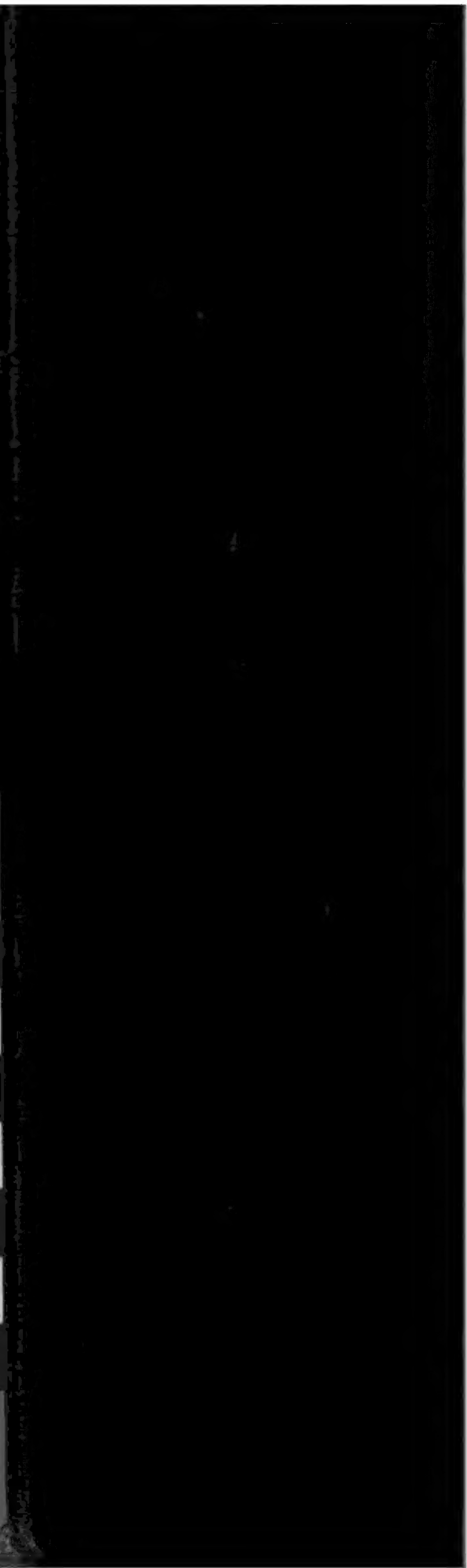
VERHANDLUNGEN DES NATURHISTORISCH-MEDIZINISCHEN VEREINES ZU...

Naturhistorisch-medizinischer Verein, Heidelberg





VERHANDLUNGEN

DES

NATURHISTORISCH-MEDIZINISCHEN VEREINS

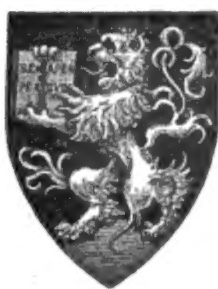
ZU

HEIDELBERG.

NEUE FOLGE.

SECHSTER BAND.

MIT 62 ABBILDUNGEN IM TEXT UND 10 TAFELN.



HEIDELBERG.
CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.
1898—1901.

Inhalt.

Band VI wurde ausgegeben in 5 Heften:

Heft 1, pag. I—X; 1—80; Taf. I; am 15. Dez. 1898.
» 2, » XI—XIV; 81—216; Taf. II—III; am 12 Juli 1899.
» 3, » XV—XXI; 217—285; Taf. IV; am 30. Dez. 1899.
» 4, » XXIII—XXX; 287—380; Taf. V—IX; am 31. Dez. 1900.
» 5, » XXXI—XXXVI; 381—470; Taf. X; am 1. Mai 1901.

Vereinsnachrichten.

(1896/97—1897/98.)

In den Vereinsjahren 1896/97 und 1897/98 wurden in den Gesamtsitzungen folgende Vorträge gehalten:

6. Nov.	1896.	Bütschli. Herstellung künstlicher Stärkekörner.
4. Dez.	»	Kräpelin. Übung und Ermüdung.
8. Jan.	1897.	Sauer. Der geologische Bau der Oberrheinebene und deren geologisch-bodenkundliche Kartierung (insbesondere bei Heidelberg.)
5. Febr.	»	Precht. Theorie der photographischen Prozesse.
»	»	Samassa. Einwirkung von Gasen auf Protoplasmaströmungen, Kernteilung von Tradescantia und auf tierische Embryonen.
5. März	»	Dittrich. Das Heidelberger Leitungswasser in chemischer, geologischer und bakteriologischer Beziehung.
»	»	Thürach. Das Blatt Sinsheim der badischen geologischen Landesaufnahme.
»	»	Bütschli. Demonstration von Sphärokrystallen aus Cellulose.
7. Mai	»	Lenard. Hertz' Prinzipien der Mechanik.
4. Juni	»	v. Erlanger. Beiträge zur Kenntnis der Kern- und Zellteilung, mit Demonstration von Mikrophotographien.
»	»	Bütschli. Demonstration der Struktur der Grundsubstanz des Hyalinknorpels an Präparaten.
9. Juli	»	Kühne. Über Protoplasma.
5. Nov.	»	v. Erlanger. Bau und Entwicklung der tierischen Samenkörper.
3. Dez.	»	Salomon. Der geologische Bau des Adamellogebirges.
»	»	Fischer. Über Inulin und Stärke.
7. Jan.	1898.	Kühne. Verhalten des Protoplasmas in Gegenwart von Chlorophyll.

4. Febr. 1898		Schœtensack. Über den Menschen der jüngeren Steinzeit (mit Demonstration der Wormser Funde).
25. Febr.	»	Askenasy. Versuche mit Glasplättchen zur Theorie der Quellung.
»	»	Schuberg. Über Zellverbindungen (mit Demonstrationen).
4. März	»	Sauer. Vulkanröhren im Granitgebiet des Schwarzwaldes.
6. Mai	»	Kaiser. Über den Ursprung der Muskelkraft.
10. Juni	»	Landsberg. Über Zahlbegriff und Zahlengesetze.
1. Juli	»	Petersen. Moderne Immunitätstheorien.
22. Juli	»	Klaatsch. Die stammesgeschichtliche Bedeutung des Amphioxus lanceolatus.

Die regelmäßigen Sitzungen finden, wie früher, im Zoologischen Institut der Universität statt.

In der Gesamtsitzung vom 5. November 1897 wurde der bisherige Vorstand, Prof. Bütschli als Vorsitzender, Prof. Schuberg als Schriftführer, Buchhändler Köster als Rechner, wiedergewählt.

Als ordentliche Mitglieder wurden neu aufgenommen die Herren: Dr. Arnsperger, Dr. Beyer, Dr. Brauer, Dr. Cohnheim, Dr. Glück, Greber, Apotheker Henking, Dr. Kiefer (Mannheim), Prof. Knövenagel, Dr. Lauterborn, Dr. Nehrkorn, Dr. Neuhaus, Dr. Salomon, Dr. Schnaudigl, Dr. Weygandt, Dr. Wilser; als außerordentliche Mitglieder die Herren: stud. med. Fellenz, Dr. Keyserling, stud. med. Pfister.

Durch Tod verlor der Verein leider die Mitglieder: Prof. Freiherrn von Erlanger, Apotheker Henking, Geh. Rat Prof. V. Meyer, Prof. Schapira, Prof. von Schröder, Dr. Weydung.

Infolge Wegzuges von Heidelberg schieden aus: 12 ordentliche Mitglieder und 5 außerordentliche Mitglieder.

Die Gesamtzahl beträgt demnach zur Zeit: Korrespondierende Mitglieder 5; ordentliche Mitglieder 128; außerordentliche Mitglieder 1.

Prof. **A. Schuberg,** Schriftführer.

Verzeichnis

der vom 1. Mai 1897 bis 21. November 1898 eingegangenen Druckschriften.

(Zugleich als Empfangsbescheinigung.)

Aarau. Aargauische Naturforschende Gesellschaft. Verhandlungen Heft VIII. 1898.

Acireale. Accademia di scienze, lettere e arti. Atti e Rendiconti N. S. Vol. VIII. 1896/97.

Amsterdam. Kon. Akad. van Wetenschapp. Versl. van de gewone Vergad. Wis.-en Nat. Deel V. VI. 1897. 1898.

Baltimore. John Hopkins Hospital. Bulletin Vol. VIII. 1897, No. 73—81; Vol. IX. 1898, No. 82—89.

— John Hopkins Hospital. Report Vol. VI. 1897; Vol. VII. 1898, No. 1—3.

— John Hopkins University. Circulars Vol. XVII. 1897/98, No. 129—133. 135—136.

Basel. Naturforschende Gesellschaft. Verhandlungen Band XI. 1897, Heft 3; Band XII. 1898, Heft 1.

Bautzen. Naturforschende Gesellschaft Isis. Sitzungsberichte und Abhandlungen 1896/97.

Bergen. Bergens Museum. Aarbog. 1897.

— Account of the Crustacea of Norway. Vol. II. Part. III—X.

Berlin. Botanischer Verein der Provinz Brandenburg. Verhandlungen Jahrg. 39. 1897.

— Deutsche Geologische Gesellschaft. Zeitschrift d. d. geologischen Gesellschaft Band 48, 4; Band 49, 1—4; Band 50, 1.

— Gesellschaft naturforschender Freunde. Sitzungsberichte 1896, 1897.

— Medizinische Gesellschaft. Verhandlungen Band XXVIII. 1897.

— Königl. preuß. Geologische Landesanstalt und Bergakademie. Jahrbuch 1895. Band XVI.

— Verein für innere Medizin. Verhandlungen Jahrgang XVI. XVII.

Bern. Naturforschende Gesellschaft. Mitteilungen 1895, 1896.

Bologna. R. Accademia delle scienze dell' Istituto di Bol. Memorie Sez. Med. e Chir. Ser. V. T. V. VI.

— R. Accademia delle scienze dell' Istituto di Bol. Memorie Sez. Scienze Nat. Ser. V. T. V. VI.

— R. Accademia delle scienze dell' Istituto di Bol. Rendiconto delle sessioni. N. S. Vol. I.

Bonn. Ärztlicher Verein für Rheinland, Westfalen und Lothringen. Korrespondenzblatt No. 59—62.

— Naturhistorischer Verein für preuß. Rheinland, Westfalen u. d. Reg.-Bez. Osnabrück. Verhandlungen Jahrg. 53, 2; 54, 1—2.

— Niederrhein. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. Sitzungsberichte 1896, 2; 1897, 1—2.

Bordeaux. Société des Sciences Phys. et Natur. Mémoires Sér. 5. T. I—II.

— Commiss. météorol. de la Gironde. Observat. pluviometr. etc. 1894/95, 1895/96, 1896/97.

— Société des Sciences Phys. et Natur. Procès-verbaux 1894/95, 1895/96, 1896/97.

Boston. American Academy of Arts and Sciences. Proceedings Vol. XXXII, 2—17; Vol. XXXIII.

— Boston Society of Natural History. Memoirs Vol. V, No. 3.

— » » » » » Proceedings Vol. 27; Vol. 28, No. 1—7.

Braunschweig. Verein für Naturwissenschaft. Jahresbericht 10. 1895/96 und 96/97.

— Beiträge zur wissenschaftlichen Medizin. Festschrift z. 69. Naturforscher-Versammlung.

— Braunschweig im Jahre 1897. Festschrift z. 69. Naturforscher-Versammlung.

Bremen. Naturwissenschaftlicher Verein. Abhandlungen Band XIV, 2—3; Band XV, 2.

— Deutsches Meteorologisches Jahrbuch. Jahrgang VIII. 1897.

Breslau. Schlesische Gesellschaft für vaterländische Kultur. Jahresbericht 74, mit Ergänzungsheft.

Brünn. Naturforsch. Verein. Verhandlungen Band XXXV 1896.

— » » Bericht der meteorol. Kommiss. XV. 1895.

Bruxelles. Acad. Roy. des. Sc., des Lettres etc. de Belg. Annuaire 62, 63.

— Acad. Roy. des. Sc., des Lettres etc. de Belg. Bulletins T. XXIX—XXXIII.

— Acad. Roy. des. Sc., des Lettres etc. de Belg. Réglements et Documents 1896.

— Société Entomologique de Belgique. Annales T. 40, 41.

— » » » » Mémoires VI.

— Société Malacologique de Belgique. Procès-verbaux T. XXIV—XXVII.

Budapest. Kgl. Naturwiss. Gesellsch. Math. u. Naturw. Berichte aus Ungarn. Band 13. 1897.

— Regia societas scientiarum natur. Hungarica:

Francé, Craspedomonadinák (Craspedomonadinae).

Kohaut, Magyarország szitakötőfélei (Libellulidae Hungariae).

Kurländer, Földmágnességi mérések (Erdmagnetische Messungen in Ungarn).

Primics, Csetrás geologiája (Geologie d. Csetrás-Gebirge).

Róna, A légnyomás Magyarországban (Luftdruckverhältnisse Ungarns).

Szádeczky, Zempléni szigethegység geológiája (Geologie d. Zempléni-szigethegység).

Cambridge (Mass. U. S. A). Museum of Compar. Zool. Harvard Coll. Annual Report 1896/97.
— Museum of Compar. Zool. Harvard Coll. Bulletin Vol. XXVIII, No. 4—5; Vol. XXIII, No. 6; Vol. XXXI; Vol. XXXII, No. 1—8.
Catania. Accademia Gioenia di scienze natur. Atti Ser. IV. Vol. X. XI.
— » » » » » Bullettino delle sedute Fasc. XLVI—LIV.
Chapel Hill, N. C. Elisa Mitchell Scientific Society. Journal XIII, XIV.
Chemnitz. Naturwissenschaftliche Gesellschaft. Bericht XIII.
Cherbourg. Société nation. des sc. nat. et math. Mémoires T. XXX.
Chicago. Academy of Sciences. Annual Report 39 (1896).
— » » » Bull. of the Geol. and Nat. Hist. Survey No. 1.
Christiania. Videnskabs-Selskabet. Forhandlinger Aar 1895, 1896, 1897.
Chur. Naturforschende Gesellschaft Graubündens. Jahresbericht N. F. Band XL, Band XLI mit Beilage.
Cordoba (Argent.). Academia Nacion. di Ciencias. Boletin T. XV, 2—4.
Danzig. Naturforschende Gesellschaft. Schriften N. F. Band 9, Heft 2.
Darmstadt. Verein für Erdkunde. Notizblatt IV. Folge, Heft 17, 18.
— Verein hessischer Ärzte. Jahresbericht 1896; 1897.
Davenport (Iowa). Academy of Natural Sciences. Proceedings Vol. VI (1889/97).
Dorpat. Naturforsch. Gesellschaft. Sitzungsberichte Band XI, No. 3.
Dresden. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. Jahresbericht 1896/97.
— Naturwissenschaftliche Gesellschaft Isis. Sitzungsberichte und Abhandlungen Jahrg. 1896, 2; 1897, 1—2.
Dublin. Royal Dublin Society. Scientific Proceedings N. S. Vol. VIII. Part 5.
— » » » Scientific Transactions Ser. II. Vol. V, No. 13; Vol. VI, No. 2—13.
Dürkheim a. d. Hardt. Pollichia, Naturwissenschaftlicher Verein der Rheinpfalz. Jahresbericht 53, 54.
Edinburgh. Geological Society. Transactions Vol. VII. Part III.
Ekaterinenburg. Société ouralienne des médecins. Mémoires Année V.
Emden. Naturforschende Gesellschaft. Jahresbericht 81, 82.
Erlangen. Physikalisch-Medizinische Societät. Sitzungsberichte Heft 28, 29.
Firenze. R. Istituto di studi superiori pratici etc. Pubblicazioni:
Inverardi, Rendiconto dell' Istituto ostetrico etc.
Chiarugi, Sviluppo dei nervi encefalici nei mammiferi.
Rossi, Struttura dell' ovidutto del Geotriton fuscus.
Rossi, Studio sullo uova degli Anfibi.
Oddi e Rossi, Vie afferenti del midollo spinale.
Luciani, Il cervelletto.
Ristori, Cheloniani fossili.
— Biblioth. Nazion. Centr. Bollett. delle Pubblic. ital. No. 278—309.
— Società botanica italiana. Bullettino 1897, No. 4—7; 1898, No. 1—6.
— » » » Nuovo Giornale Bot. Ital. N. S. Vol. IV, No. 3—4; Vol. V, No. 1—3.

Firenze. Società entomologica italiana. Bullettino Anno XXVIII, 3—4; XXIX, 1—4.

Frankfurt a. M. Ärztlicher Verein. Jahresbericht über d. Verwaltung d. Medizinalwesens XL. XLI.

— Tabellar. Übersicht, betr. d. Civilstand d. Stadt Frankfurt a. M. 1897.

— Physikalischer Verein. Jahresbericht 1895/96; 1896/97.

— Senckenberg. Naturforsch. Gesellschaft. Abhandlungen Band 20, Heft 1; Band 21, Heft 1; Band 23, Heft 3—4; Band 24, Heft 1—2.

— Senckenberg. Naturforsch. Gesellsch. Katalog der Reptiliensammlung II.

— Senckenberg. Naturforsch. Gesellschaft. Jahresbericht 1897.

Frankfurt a. O. Naturwissensch. Verein d. Reg.-Bez. Frankfurt a. O. Helios Band 14, 15.

— Naturwissenschaftlicher Verein f. d. Reg.-Bezirk Frankfurt a. O. Societat. litterae, Jahrg. XI, No. 7—12; Jahrg. XII, No. 1—4.

Freiburg i. B. Naturforsch. Gesellschaft. Berichte, Band X, Heft 1—3.

Genève. Institut National Genévois. Bulletin, T. XXXIV.

Genova. R. Accademia medica. Bollettino Anno XI, No. 6—7; XII, 1—6; XIII, 1.

— Società di Letture e Conversaz. scientif. Giornale Anno XX, Fasc. 1.

Glasgow. Natural History Society. Transactions N. S. Vol. IV, Part 3; Vol. V, Part 1.

Göteborg. Kongl. vetenskaps-och vitterhet-samhälles. Handlingar 32 (1897); 1898, Heft 1.

Göttingen. Kgl. Gesellsch. d. Wissensch. Nachrichten. Geschäftl. Mittlng. 1897, 1—2; 1898, 1.

— Kgl. Gesellsch. d. Wissensch. Nachrichten. Math.-phys. Kl. 1897, 1—3; 1898 1—3.

Granville (Ohio). Denison University. Bull. of the Scientific Laborat., Vol. IX, Part II.

— Journal of Comparative Neurology. Vol. VII, No. 1—4; Vol. VIII, No. 1/2.

Graz. Naturwissensch. Verein f. Steiermark. Mitteilungen, Heft 33 (1896).

— Verein d. Ärzte in Steiermark. Mitteilungen, Jahrg. 34 (1897).

Greifswald. Naturwissensch. Verein f. Neuvorpommern u. Rügen. Mitteilung. Jahrg. 29 (1897).

Groningen. Natuurkundig Genootschap. Verslag 1896; 1897.

Güstrow. Naturw. Verein in Mecklenburg. Arch. d. Freunde d. Naturgesch. in Mecklenburg. 50, I—II; 51; 52, I; Register zu 31—50.

Haarlem. Musée Teyler. Archives, Sér. II, Vol. V, Part. 3—4; Vol. VI. Part. 1.

— Société hollandaise des sciences. Arch. Néerland. des Sc. exact. et nat, Sér. II, T. I, 1—5; T. II, 1.

Halifax. Nova Scotian Instit. of Science. Proceed. and Transact., Vol. IX, Part 3.

Halle a. S. Kais. Leop.-Carol. Dtsch. Akad. d. Naturf. Leopoldina, Heft XXXIII; Heft XXXIV, No. 1—10.

— Verein für Erdkunde. Mitteilungen 1897; 1898.

Hamburg. Naturwissensch. Verein. Abhandl. aus d. Gebiete der Naturw. XV.

— » » Verhandlungen, III. Folge, No. IV; V.

— Seewarte. Deutsches Meteorolog. Jahrbuch (Ergebn. d. met. Beob.) Jahrg. XIX (1896.)

Hamburg. Seewarte. Ergebnisse d. meteorolog. Beobacht. 1886—95.
— » Aus dem Archiv der Deutschen Seewarte. XIX; XX.
— » Jahresbericht 1896. 1897.
— Wissenschaftl. Anstalten. Jahrbuch, Jahrg. XIV, mit 3 Beiheften.
Hannover. Naturhistor. Gesellschaft. Jahresbericht, No. 44—47.
— » » Katalog der systemat. Vogelsammlung des Provinzial-Museums Hannover.
— Naturhistor. Gesellschaft. Katalog der Vogelsammlung aus der Provinz Hannover.
— Naturhistor. Gesellschaft. Verzeichnis der im Provinzial-Museum Hannover vorhandenen Säugetiere.
— Naturhistor. Gesellschaft. Flora der Provinz Hannover.
Kassel. Verein für Naturkunde. Berichte 42; 43.
Kharkoff. Société de médecine scientif. et d'hygiène. Travaux. 1896.
Kiel (u. Leipzig). Kommiss. z. wiss. Unters. d. d. Meere u. Biol. Anstalt auf Helgoland. Wissenschaftl. Meeresuntersuch. N. F. 2. Band, Heft 1, Abt. 2.
— Naturwissenschaftl. Verein f. Schleswig-Holstein. Schriften XI, 1.
Kiew. Société des naturalistes. Mémoires T. XIV, Livr. 2; T. XV, Livr. 1—2.
Klagenfurt. Naturhist. Landesmuseum f. Kärnten. Festschrift z. 50jähr. Bestehen.
Königsberg i. Pr. Physikal.-Ökonom. Gesellsch. Schriften, Jahrg. 38.
Krakau. Akademie d. Wissenschaft. Anzeiger 1897; 1898, No. 1—7.
Landshut. Botanischer Verein. Bericht 15 (1896/97).
Lausanne. Société Vaudoise des Sc. Nat. Bulletin 4. S., Vol. XXXIII, No. 123—126; Vol. XXXIV, No. 127—129.
Leipzig. Kgl. Gesellsch. d. Wissensch. Bericht üb. d. Verhandl. Math.-Phys. Cl. 1897; 1898, I—IV.
— Fürstl. Jablonowskische Gesellschaft. Jahresbericht 1898.
— Naturforsch. Gesellschaft. Sitzungsberichte, Jahrg. 22/23 (1895/96).
— Naturwiss. Ver. f. Sachsen u. Thüringen. Zeitschr. f. Naturw., Bd. 69, Heft 5—6; Bd. 70; Bd. 71, Heft 1/2.
Linz. Verein f. Naturkunde in Österreich ob der Enns. Jahresbericht 26 (1897); 27 (1898).
London. Royal Society. Proceedings, No. 371—404.
— » » Year-Book, No. 1 (1896/97); No. 2 (1897/98).
Lüneburg. Naturwissenschaftl. Verein. Jahreshefte XIV (1896/98).
Luxemburg. Institut Grand-ducal. Publications. Sect. des sc. nat. et math., T. XXV (1897).
— Société Botanique. Recueil des Mémoires et des Travaux, No. XIII (1890—96).
— Société des sc. médicales. Bulletin 1897.
Lyon. Société d'Agriculture, Sciences et Industrie. Annales, Sér. 7, T. 4 (1896).
Madison (Wisc. U. S.). Wisconsin Academy of sciences, arts and letters. Transact. XI (1896/97).
Magdeburg. Naturwissenschaftl. Verein. Jahresbericht u. Abhandl. 1896/98.
Manchester. Literary and Philosoph. Soc. Memoirs and Proceed., Vol. 41, III—IV; Vol. 42, I—IV.

Marburg. Gesellsch. z. Beförd. d. gesamt. Naturwiss. Schriften. Bd. 13, Abt. 1—2.

— Gesellsch. z. Beförd. d. gesamt. Naturwiss. Sitzungsberichte 1896; 1897.

Marseille. Faculté des sciences. Annales, T. VI, Fasc. 4—6; T. VIII, Fasc. I—X.

Melbourne. Roy. Society of Victoria. Transact. and Proceed. N. S. Vol. IX; X, 1—2.

Middelburg. Zeeuwsch. Genootschap d. Wetenschappen. Zelandia illustrata (2 Vervolg).

— Zeeuwsch. Genootschap d. Wetenschappen. Hollestelle. Geschiedkundige Beschrijving van Tholen en Omstreken.

Milano. R. Istit. Lombardo di Sc. e Lett. Rendiconti, Ser. II, Vol. XXIX, XXX.

Milwaukee. Public Museum of the city. Annual Report XIV.

Montpellier. Académie des sciences et lettres. Mémoires de la sect. des Sciences, Sér. 2, T. II, No. 2—4.

Moscou. Société Impériale des Naturalistes. Bulletin 1896, No. 4; 1897, No. 1—4; 1898, No. 1.

München. Ärztlicher Verein. Sitzungsberichte VI, VII.

— K. B. Akad. d. Wissensch. Sitzungsber. d. math.-phys. Kl. 1896, IV; 1897, I—III; 1898, I—II.

— Gesellschaft f. Morphol. u. Physiol. Sitzungsberichte, Band XI, 2—3; XII; XIII; XIV, 1—2.

Münster. Westf. Provinzialverein f. Wissensch. u. Kunst. Jahresber. 25 (1896/97).

Neisse. Wissenschaftl. Gesellschaft Philomathie. Bericht XX, XXV —XXVIII.

New-York. Academy of Sciences. Annals, Vol. IX, No. 4—12; Vol. XI, No. 1.

— » » » Transactions, Vol. XV, XVI.

Nürnberg. Naturhistor. Gesellschaft. Abhandlungen, Band X, 5; Band XI.

Odessa. Neuruss. Naturforsch. Gesellschaft. Berichte T. XX, 2; T. XXI, 1—2; T. XXII, 1.

Osnabrück. Naturwissenschaftl. Verein. Jahresbericht 12 (1897).

Padova. Società Veneto-Trentina di sc. nat. Atti T. III.

— » » » » » » Bullettino T. VI, No. 3.

Paris. École polytechnique. Journal, Sér. II, Cahier 2 (1897).

— Société zoologique de France. Bulletin T. XXII (1897), No. 1—9.

Passau. Naturhist. Verein. Bericht 17 (1896/97).

Philadelphia. Academy of Natural Sciences. Proceedings 1896, III; 1897, I—III; 1898, I. III.

Prag. Kgl. Böhmische Gesellschaft der Wissenschaften. Jahresbericht 1896; 1897.

— Kgl. Böhmische Gesellschaft der Wissenschaften. Sitzungsberichte 1896, I—II; 1897, I—II.

— Naturhistor. Verein Lotos. Sitzungsberichte N. F. Band XVI (1896); XVII (1897).

Preßburg (Poszony). Verein f. Heil- und Naturkunde. Verhandlungen, Heft IX (1894/96).

Regensburg. Naturwissenschaftl. Verein. Berichte, Heft VI (1896/97).
Reichenberg. Verein d. Naturfreunde. Mitteilungen, Jahrgang 28 (1897); 29 (1898).
Riga. Naturforscher-Verein. Korrespondenzblatt XL; XLI.
Rio de Janeiro. Museo Nacional. Revista, Vol. I (1896).
Roma. Società Romana per gli Studi Zoologici. Vol. VI, Fasc. I—VI; Vol. VII, Fasc. I—II.
Salem. American Associat. for the Advancement of Science. Proceedings, Meeting 45; 46.
Saint-Louis. Academy of Science. Transactions, Vol. VII, No. 4—16.
— Missouri Botanical Garden. Annual Report, No. 3 (1892).
St. Pétersbourg. Académie Impériale des sciences. Bulletin, Sér. V, T. V, No. 3—5; T. VI, No. 3—5; T. VII, No. 1—5; T. VIII, No. 1—4.
— Académie Impériale des sciences. Mémoires, Sér. VIII, Vol. V, No. 1, 6, 7, 9.
— Botanischer Garten. Acta horti Petropolitani T. XIV, Fasc. II.
— Société Impér. des Natural. (Travaux) Comptes rendus, Vol. XXV; Vol. XXVI, 5; Vol. XXVII, 3—4; Vol. XXVIII, 1—3; Vol. XXIX, Livr. 1, No. 1—4.
St. Gallen. Naturwissenschaftl. Gesellschaft. Bericht 1895/96.
Sion (Valais). La Murithienne, Soc. valaisanne des sc. nat. Bulletin, Fasc. XXIII—XXVI.
Stavanger. Museum. Aarsberetning 1896; 1897.
Stockholm. Entomologisk Föreningen. Entomologisk Tidskrift, Årg. 18, 1—4.
Stuttgart. Verein f. vaterländ. Naturkunde in Württemberg. Jahreshefte, Jahrg. 53, 54.
Sydney. Roy. Soc. of New South Wales. Abstract of Proceedings 1897, 1898.
— » » » » » » Journal and Proceedings, Vol. XXX; XXXI.
Tokio. Medizin. Fakultät d. k. Japan. Universität. Mitteilungen, Band IV, No. 1.
Torino. R. Accademia delle Scienze. Atti, Vol. XXXII, Disp. 7—15; Vol. XXXIII, Disp. 1—15.
Toronto. Canadian Institute. Proceedings N. S. Vol. I, Part 1; 4/5.
— » » Transactions, Vol. V, Part 1—2 und Supplement.
Toulouse. Académie des sciences, inscript. et belles-lettres. Mémoires, Sér. 9, T. VIII.
Trondhjem. Kongel. Norske Videnskabers Selskab. Skrifter 1897.
Ulm a. D. Verein f. Mathemat. u. Naturw. Jahreshefte, Jahrgang 8 (1897).
Upsala. Nova acta societatis scientiarum Upsaliensis. Ser. III, Vol. XVII, Fasc. I—II.
Verona. Accademia d'Agricoltura, arti e commercio. Memorie, Ser. III, Vol. LXXII, Fasc. III—IV; Vol. LXXIII, Fasc. I—II.
Washington. Smithsonian Institution. Annual Report Nat. Museum 1893, 1894, 1895.
— U. S. Geological Survey. Annual Report 17, Part I—II.

Washington. U. S. Geological Survey. Bulletin, No. 87; 127; 130; 135—148.

— » » » Monographs, Vol. XXV—XXVIII.

— U. S. Department of Agriculture. Yearbook 1896, 1897.

Wien. K. Akad. d. Wissenschaft. Anzeiger. Math.-Nat. Classe. Jahrg. XXXIV; XXXV, No. I—XII.

— K. K. Geolog. Reichsanstalt. Verhandlungen 1897; 1898, No. 1—13.

— K. K. Naturhistorisches Hofmuseum. Annalen, Band X, No. 1; Band XII, No. 1—4.

— Verein z. Verbreitung naturwissenschaftl. Kenntnisse. Schriften, Band 37; 38.

— K. K. Zool.-Botan. Gesellschaft. Verhandlungen, Band XLVII.

Wiesbaden. Nassauischer Verein f. Naturkunde. Jahrbücher, Jahrg. 50; 51.

Würzburg. Physikal.-medizin. Gesellschaft. Sitzungsberichte 1896, No. 6—11; 1897, No. 1—9.

— Physikal.-medizin. Gesellschaft. Verhandlungen N. F. Band XXXI.

Zürich. Naturforschende Gesellschaft. Neujahrsblatt 1898.

— » » Vierteljahrsschrift, Jahrg. 42; 43, Heft 1—3.

Zwickau. Verein für Naturkunde. Jahresbericht 1896.

Berichtigungen.

Seite 3, Zeile 1 von unten lies: «Anm. 3, S. 2» statt: «Anm. 4, S. 1».
» 4, » 19 » » » : «Anm. 4, S. 2» statt: «Anm. 5, S. 1».
» 15, » 17 » oben » : «unempfindlicher» statt: «empfindlicher».
» 15, » 19 » » » : «reiner» statt: «reines».

C. F. WINTER'SCHE BUCHDRUCKEREI.

Verzeichnis

der vom 22. November 1898 bis 1. Juni 1899 eingegangenen Druckschriften.

(Zugleich als Empfangsbescheinigung.)

Altenburg. Naturforschende Gesellschaft des Osterlandes. Mitteilungen aus d. Osterlande. Band 8. 1898.

Annaberg. Annaberg-Buchholzer Verein für Naturkunde. Jahresbericht Nr. X. 1894–1898.

Augsburg. Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben und Neuburg. 33. Bericht 1898.

Baltimore. John Hopkins Hospital. Bulletin Vol. IX, No. 90–92.

— John Hopkins University. Cirkulars Vol. XVIII, No. 137–139.

Bergen. Bergens Museum. Aarbog for 1898.

— Bergens Museum. Sars. Crustacea of Norway. Vol. II, Part. IX–XII.

Berlin. Botanischer Verein der Provinz Brandenburg. Verhandlungen Jahrg. 40 (1898).

— Deutsche Geologische Gesellschaft. Zeitschrift d. d. geologischen Gesellschaft. L. Band, Heft 2–3.

— Gesellschaft naturforschender Freunde. Sitzungsberichte 1898.

— Medizinische Gesellschaft. Verhandlungen Band XXIX (1898).

Bonn. Ärztlicher Verein für Rheinland, Westfalen und Lothringen. Korrespondenzblatt No. 63 (1899).

— Naturhistorischer Verein für preuß. Rheinland, Westfalen u. d. Reg.-Bez. Osnabrück. Verhandlungen Jahrg. 55 (1898).

— Niederrhein. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. Sitzungsberichte 1898.

Bordeaux. Société des Sciences Phys. et Natur. Mémoires Sér. 5, T. III, Cah. 1.

Boston. American Academy of Arts and Sciences. Proceedings Vol. XXXIV, No. 1.

— Boston Society of Natural History. Proceedings Vol. 28, No. 8–12.

Bremen. Naturwissenschaftlicher Verein. Abhandlungen Band XVI, Heft 1 (1898).

Breslau. Schlesische Gesellschaft für vaterländische Kultur. 75. Jahresbericht (1897) mit Ergänzungsheft.

Brünn. Naturforsch. Verein. Verhandlungen Band XXXVI (1897).

— » » XVI. Bericht der meteorol. Kommiss. (1896).

Bruxelles. Société Entomologique de Belgique. Annales T. 42 (1898).
— Société Malacologique de Belgique. Procès-verbaux T. XXVII, p. 73—108.
Cambridge (Mass. U. S. A.). Museum of Compar. Zool. Harvard Coll. Annual Report 1897/98.
— Museum of Compar. Zool. Harvard Coll. Bulletin Vol. XXXII, No. 9.
Catania. Accademia Gioenia di scienze natur. Bullettino delle sedute Fascic. LV—LVIII.
Chapel Hill, N. C. Elisa Mitchell Scientific Society. Journal Year XV, Part 1.
Christiania. Videnskabs-Selskabet. Forhandlinger Aar 1898.
Colmar. Naturhist. Gesellschaft. Mitteilungen Bd. IV (1897/98).
Danzig. Naturforschende Gesellschaft. Schriften N. F. Band 9, Heft 3/4.
Darmstadt. Verein hessischer Ärzte. Jahresbericht 1898.
Dresden. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. Jahresbericht 1897/98.
— Naturwissenschaftliche Gesellschaft Isis. Sitzungsberichte und Abhandlungen 1898, Januar—Juni.
Emden. Naturforschende Gesellschaft. Kleine Schriften No. XIX.
Firenze. Biblioth. Nazion. Centr. Bollett. delle Pubblic. ital. No. 310—320.
— Società botanica italiana. Bullettino 1898, No. 7—8; 1899, No. 1—3.
— » » » Nuovo Giornale Bot. Ital. N. S. Vol. V, No. 4; Vol. VI, No. 1—2.
— Società entomologica italiana. Bullettino Anno XXX, Trim. I—II.
Frankfurt a. M. Tabellar. Übersicht, betr. d. Civilstand d. Stadt Frankfurt a. M. 1898.
— Senckenberg. Naturforsch. Gesellschaft. Abhandlungen Band 21, Heft 2—3; Band 24, Heft 3—4.
— Senckenberg. Naturforsch. Gesellschaft. Jahresbericht 1898.
Frauenfeld. Thurgauische Naturforsch. Gesellschaft. Mitteilungen Heft 13 (1898).
Glasgow. Natural History Society. Transactions N. S. Vol. V, Part II (1897/98).
Göttingen. Kgl. Gesellsch. d. Wissensch. Nachrichten. Math.-phys. Kl. 1898, Heft 4.
Granville (Ohio). Journal of Comparative Neurology. Vol. VIII, No. 3—4; Vol. IX, No. 1.
Graz. Naturwissensch. Verein f. Steiermark. Mitteilungen Heft 34 (1897).
— Verein d. Ärzte in Steiermark. Mitteilungen Jahrg. 36 (1899), No. 1—4.
Greifswald. Naturwissensch. Verein f. Neuvorpommern u. Rügen. Mitteilungen Jahrg. 30 (1898).
Haarlem. Musée Teyler. Archives, Sér. II, Vol. VI, 2. Part. (1898).
— Société hollandaise des sciences. Arch. Néerland. des Sc. exact. et nat. Sér. II, T. II, Livr. 4.
Halle a. S. Kais. Leop.-Carol. Dtsch. Akad. d. Naturf. Leopoldina, Heft XXXIV, No. 11—12; Heft XXXV, No. 1—4.
Hamburg. Naturwissensch. Verein. Verhandlungen, 3. Folge, No. VI (1898).
— Seewarte. Deutsches Meteorolog. Jahrbuch (Ergebn. d. met. Beob.) Jahrg. XX (1897).

Hamburg. Wissenschaftl. Anstalten. Jahrbuch, Jahrg. XV (1897) m. 2 Beiheften.

Kharkoff. Société de médecine scientif. et d'hygiène. Travaux. 1897.
— 25ème Anniversaire. Séance jubilaire du 8. II. 1898.

Klagenfurt. Naturhist. Landesmuseum f. Kärnten. Jahrbuch, Heft 25.

Königsberg i. Pr. Physikal.-Ökonom. Gesellsch. Schriften. 39. Jahrg. (1898).

Krakau. Akademie der Wissenschaft. Anzeiger 1898, No. 8—10; 1899, No. 1—3.

Lausanne. Société Vaudoise des Sc. Nat. Bulletin 4. S., Vol. XXXIV, No. 130.

Leipzig. Kgl. Gesellsch. d. Wissensch. Berichte üb. d. Verhandl. Math.-Phys. Kl. 1898, V; 1899, I—II.
— Fürstl. Jablonowskische Gesellschaft. Jahresbericht 1899.
— Naturwiss. Ver. f. Sachsen u. Thüringen. Zeitschr. f. Naturw., 71. Bd., Heft 3—5.

London. Royal Society. Proceedings, No. 405—413.

Luxemburg. Société des sc. médicales. Bulletin 1898.

Madison (Wisc. U. S.). Wisconsin Geology and Nat. Hist. Survey. Bulletin 1898, No. 1/2.

Manchester. Literary and Philosoph. Soc. Memoirs and Proceed., Vol. 42, Part. V; Vol. 43, Part. I.

Melbourne. Roy. Society of Victoria. Transact. and Proceed. N. S. Vol. XI, Part I.

Milano. R. Istit. Lombardo di Sc. e Lett. Rendiconti, Ser. II, Vol. XXXI, 1898.

Moscou. Société Impériale des Naturalistes. Bulletin 1898, No. 2/3.

München. K. B. Akad. d. Wissensch. Sitzungsber. d. math.-phys. Kl. 1898, Heft III. IV.
— Gesellschaft f. Morphol. u. Physiol. Sitzungsberichte, Band XIV. 1898, Heft III.

Münster. Westf. Provinzialverein f. Wissensch. u. Kunst. 26. Jahresber. 1897/98.

Neisse. Wissenschaftl. Gesellschaft Philomathie. 29. Bericht 1896/98.

New-York. Academy of Sciences. Annals, Vol. X—XI, 2.

Padova. Società Veneto-Trentina di sc. nat. Atti, Ser. II, Vol. III, Fasc. II.

Paris. École polytechnique. Journal, Sér. II, Cahier 3 (1897).
— Société zoologique de France. Bulletin T. XXIII.

Philadelphia. Academy of Natural Sciences. Proceedings 1898, Part. II.

Prag. Kgl. Böhmische Gesellschaft der Wissenschaften. Jahresbericht für das Jahr 1898.
— Kgl. Böhmische Gesellschaft der Wissenschaften. Sitzungsberichte 1898.

Roma. Società Romana per gli Studi Zoologici. Bollettino, Vol. VII, Fasc. III—VI.

Saint-Louis. Academy of Science. Transactions, Vol. VII, No. 17—20; Vol. VIII, No. 1—7.

St. Pétersbourg. Académie Impériale des sciences. Mémoires, VIII. Sér., Vol. V, No. 8; 12. Vol. VI, No. 1; 3; 4; 8; 12. Vol. VII, No. 2; 3.

St. Pétersbourg. Société Impér. des Natural. (Travaux) Comptes rendus, Vol. XXVII, Livr. 5. Vol. XXIX, Livr. 1, No. 1—8; Livr. 2.

St. Gallen. Naturwissenschaftl. Gesellschaft. Bericht 1896/97.

Stockholm. Entomologisk Föreningen. Entomologisk Tidskrift, Årg. 19 (1898).

Sydney. Roy. Soc. of New South Wales. Abstract of Proceedings.

Tokio. Medizin. Fakultät d. k. Japan. Universität. Mitteilungen, Band IV, No. II—IV.

— Imperial University. The Journal of the College of Science. Vol. IX, Part III; Vol. X, Part III; Vol. XI, Part I—II; Vol. XII, Part I—III.

Torino. R. Accademia delle Scienze. Atti, Vol. XXXIV, Disp. 1—4.

Toronto. Canadian Institute. Proceedings N. S. Vol. I, Part 6, Vol. II, Part I.

Toulouse. Académie des sciences, inscript. et belles-lettres. Mémoires, Sér. 9, T. IX.

Verona. Accademia d'Agricoltura, arti e commercio. Memorie, Vol. LXXIV, Fasc. I—II.

Washington. Smithsonian Institution. Miscellaneous Collections, Vol. XXXIX, No. 1125.

— Smithsonian Institution. Report, No. 1106, 1107, 1108, 1109, 1113.

— U. S. Geological Survey. Bulletin, No. 88, 89, 149.

— » » » Monographs, Vol. XXX.

Wien. K. K. Geolog. Reichsanstalt. Verhandlungen 1898, No. 14—18; 1899, No. 1—4.

— K. K. Naturhistorisches Hofmuseum. Annalen, Band XIII, No. 1—3.

— K. K. Zool.-Botan. Gesellschaft. Verhandlungen, Band XLVIII (1898).

Würzburg. Physikal.-medizin. Gesellschaft. Sitzungsberichte 1898.

— » » » Verhandlungen N. F. Band XXXII, No. 1—5.

Zürich. Naturforschende Gesellschaft. Neujahrsblatt, 101. Stück (1899).

— » » Vierteljahrsschrift, 43. Jahrg., Heft 4.

Zwickau. Verein für Naturkunde. Jahresbericht für 1897.

C. F. WINTER'SCHE BUCHDRUCKEREI.

Vereinsnachrichten.

(1898/99.)

Im Vereinsjahr 1898/99 wurden in den Gesamtsitzungen folgende Vorträge gehalten:

9. Nov. 1898. Wilser. Die Menschenrassen.

9. Dez. » G. Quincke. Über Bewegung und Anordnung kleinster Teilchen, welche in Flüssigkeiten schweben.

6. Jan. 1899. Precht. Magnetisches Verhalten elektrischer Entladungen in Luft von normalem Druck.

» » V. Goldschmidt. Über einen Krystallmodellierapparat.

3. Febr. » H. Thürach. Vorlage und Besprechung des geologischen Blattes Mannheim-Ladenburg.

» » O. Bütschli. Über Mikrostrukturen des aus dem Schmelzfluß erstarrten Schwefels.

3. März » H. Klaatsch. Über den Pithecanthropus erectus *Dubois* in seiner Beziehung als Bindeglied zwischen Affe und Mensch.

5. Mai » M. Kaiser. Über die Elasticität des lebenden Muskels.

2. Juni » W. Salomon. Über gleichzeitiges Vorkommen zweier Gesteine in einem Gang bei Schriesheim.

» » R. Lauterborn. Leonhard Baldner, ein rheinischer Naturforscher des 17. Jahrhunderts.

7. Juli » H. Glück. Über die amphibische Lebensweise einiger einheimischer Blütenpflanzen.

Die regelmäßigen Sitzungen fanden, wie bisher, im Zoologischen Institut statt; nur die Sitzungen am 9. Dezember 1898 und am 6. Januar 1899 wurden im Hörsaal des Physikalischen Instituts abgehalten.

In der Gesamtsitzung vom 4. November 1898 wurde der bisherige Vorstand, Prof. Bütschli als Vorsitzender, Prof. Schuberg als Schriftführer, Buchhändler Köster als Rechner, wiedergewählt.

Als ordentliche Mitglieder wurden neu aufgenommen die Herren: Dr. Becker, Dr. Blum, Dr. Bruno, Dr. Feldbausch, Dr. Hegener, Dr. Hohenemser, Dr. Kalehne, Dr. Kaposi, Dr. Kauer, Dr. Magnus, Dr. Müller, Dr. Schwalbe, Dr. Simon, Dr. von Würthenau, Dr. Ziebert.

Prof. **A. Schuberg**, Schriftführer.

Verzeichnis

der vom 1. Juni 1899 bis 5. Dezember 1899 eingegangenen Druckschriften.

(Zugleich Empfangsbescheinigung.)

Amsterdam. Kon. Akad. van Wetenschapp. Versl. van de gewone Vergad. Wis-en Nat. Afdeel. VII.

Baltimore. John Hopkins Hospital. Bulletin No. 93—97.

— » » » Report. Vol. VII. No. 4.

— John Hopkins University. Circulars No. 140—141.

Bergen. Bergens Museum. Aarbog. 1899. Heft 1.

— — Report on Norwegian Marine Investigations 1895/97. (1899.)

— — Sars. Crustacea of Norway. Vol. II. No. 13—14.

Berlin. Deutsche Geolog. Gesellsch. Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch. Band L. Heft 4; Band LI. Heft 1—2.

— Verein für innere Medicin. Verhndl. Jhrg. XVIII. 1898/99.

Bern. Naturforschende Gesellschaft. Mitteilungen 1897.

(—) Allgem. Schweizerische Gesellsch. f. d. gesamt. Naturwiss. Verhndl. No. 80—81 (1897—98).

Bonn. Ärztlicher Ver. f. Rheinl., Westfalen u. Lothringen. Correspondenzbl. No. 64.

— Naturhist. Ver. preuß. Rheinl., Westf. u. d. Reg.-Bez. Osnabrück. Verhandl. Jahrg. 56. Heft 1.

— Niederrhein. Gesellsch. f. Natur- und Heilkunde. Sitzungsberichte Jahrg. 1899. 1.

Bordeaux. Société des Sciences Phys. et Natur. Mémoires Sér. 5. T. IV.

— Commiss. météorol. de la Gironde. Observat. pluviometr. etc. VI/1897—V/1898.

— Société des Sciences Phys. et Natur. Procès-verbeaux. 1897—98.

Boston. American Academy of Arts and Sciences. Proceedings Vol. XXXIV. No. 2—23.

— Boston Society of Natural History. Memoirs Vol. 5. No. 4—5.

— » » » » » Proceedings Vol. 28. No. 13—16.

Braunschweig. Verein für Naturwissenschaft. 11. Jahresbericht 1897/98 u. 1898/99.

Bremen. Naturwissenschaftl. Verein. Abhandlungen XVI. 2.

— Deutsches Meteorolog. Jahrbuch. Jahrg. IX. 1898.

Bruxelles. Acad. Roy. des. Sc., des Lettres etc. de Belg. Annuaire Année 64, 65.
— » » » » » » » » » Bulletins T. 34—36.
— » » » » » » » » » Tables générales etc. des Bulletins T. 1—30.

Cambridge (Mass. U. S. A.). Museum of Compar. Zool. Harvard Coll. Annual Report 1898—99.
— Museum of Compar. Zool. Harvard Coll. Bulletin Vol. 32, No. 10; Vol. 33; Vol. 35, No. 1—2.
Catania. Accad. Gioenia di scienze natur. Bullettino delle sedute, Fasc. LIX.
Chapel Hill, N. C. Elisa Mitchell Scientific Society. Journal Year XV, Part 2.
Chicago. Academy of Sciences. 40. Annual Report (1897).
— » » » Bull. of the Geol. and Nat. Hist. Survey. No. 2.
Christiania. Videnskabs-Selskabet. Forhandlinger 1899.
Chur. Naturforschende Gesellschaft Graubündens. Jahresbericht. N. F. Band 42. 1898/99.
Cordoba (Argent.). Academia Nacion. di Ciencias. Boletin T. XVI. Entr. 1.

Darmstadt. Verein f. Erdkunde. Notizblatt. IV. Folge. Heft 19.
— Verein hessischer Ärzte. Jahresbericht 1898.
Dorpat. Naturforsch. Gesellschaft. Sitzungsberichte Band XII. No. 1.
Dresden. Naturwiss. Gesellsch. Isis. Sitzungsber. u. Abhandl. Jahrg. 1898. VII—XII.
Dublin. Royal Dublin Society. Scientific Proceedings N. S. Vol. VIII. Part 6.
— » » » Scientific Transactions 2. Ser. Vol. VI, No. XIV—XVI; Vol. VII, No. I.
Dürkheim a. d. Hardt. Pollichia. Naturw. Ver. d. Rheinpfalz. LVI. Jahresbericht. No. 12. 1898.

Edinburgh. Geological Society. Transactions Vol. VII. Part IV. 1899.
Ekaterinenburg. Société ouralienne des médecins. Mémoires VIᵉᶜ. Année 1899.
Elberfeld. Naturwissenschaftl. Verein. Jahresbericht. 9. Heft. 1897.
Erlangen. Physikal.-Medicin. Societät. Sitzungsberichte. 30. Heft. 1898.

Firenze. Biblioth. Nazion. Centr. Bollett. delle Public. ital. No. 321—334.
— Società botanica italiana. Bullettino 1899. No. 4—6.
— » » » Nuovo Giornale Bot. Ital. Vol. VI. No. 3.
— Società entomologica italiana. Bullettino Anno. XXX. Trim. III—IV.
Frankfurt a. M. Physikalischer Verein. Jahresbericht 1897/98.
— » » König. Goethes optische Studien. 1899.
— Senckenberg. Naturforsch. Gesellschaft. Abhandlungen Band 21. Heft 4.
Frankfurt a. O. Naturwiss. Verein d. Reg.-Bez. Frankfurt a. O. Helios. Band 16. 1899.
— Naturw. Ver. f. d. Reg.-Bez. Frankfurt a. O. Societat. litterae XII. No. 5—12.
Freiburg i. B. Naturforsch. Gesellschaft. Berichte. Band XI. No. 1.

Genova. R. Accademia medica. Bollettino Anno XIV. No. I—II.
Gießen. Oberhessische Gesellschaft f. Natur- u. Heilkunde. 32. Bericht. 1897—99.

Göttingen. Kgl. Gesellsch. d. Wissensch. Nachrichten. Geschäftl. Mittlng. 1898, Heft 2; 1899, Heft 1.

— Kgl. Gesellsch. d. Wissensch. Nachrichten. Math.-Phys. Kl. 1899. Heft 1—2.

Granville (Ohio). Denison University. Bull. of the Scientific Laborat. Vol. X; Vol. XI, Article I—VIII.

— Journal of Comparative Neurology. Vol. IX, No. 2.

Graz. Naturwissensch. Verein f. Steiermark. Mitteilungen Heft 35. 1898.

— Verein d. Ärzte in Steiermark. Mitteilungen Jahrg. 35; Jahrg. 36, No. 5—8.

Groningen. Natuurkundig Genootschap. Verslag 1898.

— Bijdragen tot de Kennis van de Provincie Groningen etc. Deel I. Stuk 1.

Güstrow. Naturw. Verein in Mecklenburg. Arch. d. Freunde d. Naturgesch. in Mecklenburg. No. 52, II; 53, I.

Haarlem. Musée Teyler. Archives, II. Sér., Vol. VI, No. 3—4.

— Société hollandaise des sciences. Arch. Néerland. des Sc. exact. et nat. II. Sér., T. II, Livr. 5; T. III, No. 1.

Halifax. Nova Scotian Instit. of Science. Proceed. and Transact. Vol. IX, Part. 4.

Halle a. S. Kais. Leop.-Carol. Dtsch. Akad. d. Naturf. Leopoldina, Heft XXXV, No. 5—10.

— Verein f. Erdkunde. Mitteilungen 1899.

— Naturw. Verein f. Sachsen u. Thüringen. Zeitschrift für Naturwissenschaften. Band 71, Heft 6; Band 72, Heft 1/2.

Hamburg. Seewarte. Aus d. Archiv d. Deutschen Seewarte. XXI. Jahrg. 1898.

Hanau. Wetterauische Gesellschaft f. d. ges. Naturkunde. Bericht. 1895—99.

Innsbruck. Naturwissensch.-Medic. Verein. Berichte XXIV.

Kassel. Verein f. Naturkunde. Abhandlungen und Berichte XLIII. 1898/99.

Kiel (u. Leipzig). Kommiss. z. wiss. Unters. d. d. Meere u. Biol. Anstalt auf Helgoland. Wissenschaftl. Meeresuntersuch. N. F. Band. 3. Heft 1.

— Naturwissenschaftl. Verein f. Schleswig-Holstein. Schriften, Band XI. Heft 2.

Krakau. Akademie d. Wissenschaft. Anzeiger 1899, No. 4—7.

Lausanne. Société Vaudoise des Sc. Nat. Bulletin 4. S., Vol. XXXV, No. 131—132.

— Société Vaudoise des Sc. Nat. Observations météorologiques. XII. année.

Leipzig. Kgl. Gesellsch. d. Wissensch. Berichte üb. d. Verhandl. Math.-Phys. Kl. 1899, Math. III—IV.

— Naturforsch. Gesellschaft. Sitzungsberichte, Jahrg. 24/25, 1897/98.

Linz. Verein f. Naturkunde in Österreich ob der Enns. 28. Jahresbericht, 1899.

London. Royal Society. Proceedings, Vol. LXV, No. 414—421.

Luxemburg. Société des sc. médicales. Bulletin 1899.

Lyon. Société d'Agriculture, Sciences et Industrie. Annales, 7. Sér. T. 5. 1897.

Manchester. Literary and Philosoph. Soc. Memoirs and Proceed., Vol. 43. Part. II—IV.

Marseille. Faculté des sciences. Annales, T. IX, Fasc. I—V.

Melbourne. Roy. Society of Victoria. Transact. and Proceed. N. S. Vol. XI, Part II.
Middelburg. Zeeuwsch. Genootschap d. Wetenschappen. Archief. Deel VIII. Stuk. 1—2.
Milwaukee. Public Museum of the city. 16. Annual Report, 1897/98.
Moscou. Société Impériale des Naturalistes. Bulletin 1898. No. 4.
— » » » » Nouveaux Mémoires. T. XV, Livr. 7; T. XVI, Livr. 1—2.
München. Ärztlicher Verein. Sitzungsberichte, No. VIII, 1898.
— K. B. Akad. d. Wissensch. Sitzungsber. d. Math.-Phys. Kl. 1899. Heft I.—II.
— Gesellschaft f. Morphol. u. Physiol. Sitzungsberichte, Band XV, Heft I—II.
New-York. Academy of Sciences. Annals, Vol. XI, Part. III; Vol. XII, Part. I.
Nürnberg. Naturhistor. Gesellschaft. Abhandlungen, Band XII. 1898.
Odessa. Neuruss. Naturforsch. Gesellschaft. Berichte, T. XXII, Part. II.
Osnabrück. Naturwissenschaftl. Verein. 13. Jahresbericht 1898.
Padova. Società Veneto-Trentina di sc. nat. Bullettino, T. VI, No. 4.
Paris. École polytechnique. Journal II. Sér. Cahier 4.
Philadelphia. Academy of Natural Sciences. Proceedings 1899, Part I.
Reichenberg. Verein d. Naturfreunde. Mitteilungen, 30. Jahrg. 1899.
Roma. Società Romana per gli Studi Zoologici. Bollettino, Vol. VIII, Fasc. I—II.
Salem. American Associat. for the Advancement of Science. Proceedings. 47. Meeting. Boston 1898.
Saint-Louis. Academy of Science. Transactions, Vol. VIII, No. 8—12; Vol. IX, No. 1—5; 7.
St. Pétersbourg. Académie Impériale des sciences. Bulletin, V. Sér. T. VIII, No. 5; T. IX, No. 1—5; T. X, No. 1—4.
— Société Impér. des Natural. (Travaux) Comptes rendus. Vol. XXVIII, Livr. 4—5; Vol. XXIX, Livr. 3; Vol. XXX, Livr. 1, No. 1—3; Livr. 2.
Stavanger. Museum. Aarsberetning 1898.
Stuttgart. Verein f. vaterländ. Naturkunde in Württemberg. Jahreshefte. 55. Jahrgang. 1899.
Sydney. Roy. Soc. of New South Wales. Journal and Proceedings Vol. XXXII. 1898.
— Australian Association for the Advancement of Science. Report VII. Meeting 1898.
Tokio. Medizin. Fakultät d. k. Japan. Universität. Mitteilungen, IV. Band, No. 5.
— Imperial University. The Journal of the College of Science. Vol. XI, Part. III.
Torino. R. Accademia delle Scienze. Atti, Vol. XXXIV, Disp. 5—15.
— » » » » Osservaz. meteorolog. 1898.
Toronto. Canadian Institute. Proceedings New Series. Vol. II. Part II.
Toulouse. Académie des sciences, inscript. et belles-lettres. Bulletin T. I, No 1—3.
Upsala. Nova acta societatis scientiarum Upsaliensis. III. Ser. Vol. XVIII. Fasc. I.

Washington. Smithsonian Institution. Annual Report. 1896.
— U. S. Department of Agriculture. Yearbook 1898.
— U. S. Geological Survey. Annual Report. No. 18, Part I—V; No. 19, Part I—IV; VI, 1—2.
— U. S. Geological Survey. Monographs XXXV. 1898.
Wien. K. K. Geolog. Reichsanstalt. Verhandlungen 1899, No. 5—10.
— Verein z. Verbreitung naturwissenschaftl. Kenntnisse. Schriften, Band 39, 1898/99.
Wiesbaden. Nassauischer Verein f. Naturkunde. Jahrbücher, 52. Jahrg. 1899.
Würzburg. Physikal.-medizin. Gesellschaft. Sitzungsberichte 1899, No. 1—5.
— » » » Verhandlungen, Band XXXII, No. 6; Band XXXIII, No. 1.
Zürich. Naturforschende Gesellschaft. Vierteljahrsschrift, 44. Jahrg., 1899, Heft 1/2.
Zwickau. Verein für Naturkunde. Jahresbericht für 1898.



C. F. WINTER'SCHE BUCHDRUCKEREI.

Vereinsnachrichten.

(1899/1900.)

Im Vereinsjahr 1899/1900 wurden in den Gesamtsitzungen folgende Vorträge gehalten:

3. Nov. 1899.	J. W. Brühl. Die Rolle der Lösungsmittel im Lösungsvorgange.
8. Dez. »	G. Quincke. Über Becquerel-Strahlen und das neue Metall Radium.
12. Jan. 1900.	M. Dittrich. Weitere Untersuchungen über die Quellen im Neckarthal.
» »	V. Goldschmidt. Über Meteoriten, Wüstensteine und geätzte Krystalle.
2. Febr. »	H. Thürach. Über diluviale Flußlaufverlegungen in Bayern und über die Entstehung der Rhein- und Neckarniederung bei Mannheim.
16. » »	H. Glück. Über Nebenblattgebilde bei Monocotyledonen.
2. März »	O. Bütschli. Über die mikroskopische Struktur der künstlichen und natürlichen Gallerten von Kieselsäure (Opale).
4. Mai »	E. Askenasy. Über Quellung.
» »	W. Salomon. Über ein durch Frostwirkung zersprungenes und wieder verkittetes Geröll.
1. Juni »	K. Kaiser. Über Versuche mit Muskelmodellen.
6. Juli »	G. Landsberg. Über stabile Bewegungen.
» »	H. Glück. Die Artbegrenzung von Alisma plantago L.
» »	W. Cohnheim. Demonstration von Serumalbumin-Krystallen.
3. Aug. »	M. Möbius. Der Einfluß des Parasitismus auf die Reproduktion bei den Pflanzen.

Die Sitzungen fanden, wie bisher, im Zoologischen Institut statt, mit Ausnahme der Sitzungen vom 8. Dezember 1899, welche im Physikalischen, und der vom 2. März 1900, welche im Botanischen Institut abgehalten wurden.

Das Amt des Vorstands bekleideten im Vereinsjahr 1899/1900: Geh. Hofrat Pfitzer als Vorsitzender, Prof. Schuberg als Schriftführer, Buchhändler Köster als Rechner.

Durch Mitteilung des Großh. Ministeriums der Justiz, des Kultus und des Unterrichts vom 16. Juni wurde der Verein benachrichtigt, daß der von ihm nachgesuchte Zuschuß von 2000 Mk., zur Unterstützung der Herausgabe der «Verhandlungen» für die Budgetperiode 1900/1901 von der Kammer der Landstände genehmigt worden ist.

Als ordentliche Mitglieder wurden neu aufgenommen die Herren: Dr. Blau, Dr. Brenner, Geh. Rat Dr. Curtius, Dr. Henrici, Dr. Hormuth, Dr. Krieger, Med.-Rat Dr. Kürz, Dr. Macholl, Dr. Reichenbach, Dr. Rolly, Dr. Schiller, Dr. Schönborn, Dr. Schöne, Dr. Soetbeer, Dr. Stollé, Dr. Tischler, Bezirksarzt Dr. Thomen (Weinheim), Dr. Völcker, Dr. Wagner (Karlsruhe), Dr. Wessely, Dr. Zusch.

Prof. **A. Schuberg**, Schriftführer.

Verzeichnis

der vom 6. Dezember 1899 bis 1. Dezember 1900 eingegangenen Druckschriften.

(Zugleich Empfangsbescheinigung.)

Acireale. Accademia di scienze, lettere e arti. Memorie e Rendiconti. N. S. Vol. IX. 1897/98.

Amsterdam. Kon. Akad. van Wetenschapp. Versl. van de gewone Vergad. Wis- en Nat. Afdeel. Deel VIII.

Augsburg. Naturwiss. Verein f. Schwaben u. Neuburg. 34. Bericht. 1900.

Baltimore. John Hopkins Hospital. Bulletin No. 98—108; 110.

— » » » Report. Vol. VII, No. 5—9; Vol. VIII, No. 1/2.

— John Hopkins University. Circulars No. 143—147.

Basel. Naturforsch. Gesellschaft. Verhandlungen Bd. XII, Heft 2—3 u. Anhang.

Bergen. Bergens Museum. Aarbog 1899, Heft 2.

— » » Beretninger 1900.

— » » Sars. Crustacea of Norway. Vol. III, Part. I—VI.

Berlin. Botan. Verein d. Provinz Brandenburg. Verhandl., Jahrg. 41. 1899.

— Deutsche Geolog. Gesellsch. Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch., Band LI, Heft 3—4; Band LII, Heft 1—2.

— Gesellschaft naturforsch. Freunde. Sitzungsberichte. Jahrg. 1899.

— Medizinische Gesellschaft. Verhandlungen, Bd. XXX. 1899.

— Kgl. preuß. Geolog. Landesanstalt u. Bergakademie. Jahrbuch, Bd. XVII—XIX.

— Verein für innere Medizin. Verhandl. Jahrg. XIX. 1899/1900.

Bonn. Ärztlicher Ver. f. Rheinl., Westfalen u. Lothringen. Correspondenzbl. No. 65, 66.

— Naturhist. Ver. preuß. Rheinl., Westf. u. d. Reg.-Bez. Osnabrück. Verhandl., Jahrg. 56, Heft 2.

— Niederrhein. Gesellsch. f. Natur- und Heilkunde. Sitzungsberichte. Jahrg. 1899, 2. Hälfte.

Bordeaux. Société des Sciences Phys. et Natur. Mémoires, Sér. 5, T. III, 2; V, 1.

— Commiss. météorol. de la Gironde. Observat. pluviometr. etc. VI. 1898—V. 1899.

— Société des Sciences Phys. et Natur. Procès-verbeaux. 1898—99.

Boston. American Academy of Arts and Sciences. Proceedings, Vol. XXXV, No. 1—27; Vol. XXXVI, No. 1—4.
— Boston Society of Natural History. Proceedings, Vol. 29, No. 1—8.
Braunschweig. Verein für Naturwissenschaft. 11. Jahresbericht 1897/98 u. 1898/99.
Bremen. Naturwissenschaftl. Verein. Abhandlungen, Bd. XVI, Heft 3.
— Deutsches Meteorolog. Jahrbuch. Jahrg. X. 1899.
Breslau. Schlesische Gesellsch. f. vaterländ. Kultur. Jahresbericht 76—77, mit Ergänzungsheft 7.
Brünn. Naturforsch. Verein. Verhandl, Bd. XXXVII. 1898.
— » » Bericht der meteorol. Kommiss. XVII. 1897.
Bruxelles. Acad. Roy. des. Sc., des Lettres etc. de Belg. Annuaire 64, 65.
— Société Entomologique de Belgique. Annales, T. 43. 1899.
— » » » » Mémoires. VII. 1900.

Cambridge (Mass. U. S. A.). Museum of Compar. Zool. Harvard Coll. Bulletin, Vol. XXXIV; XXXV, No. 3—8; XXXVI, 1—4; XXXVII, 1—2.
Catania. Accad. Gioenia di scienze natur. Atti. 1899, Vol. XII.
— » » » » » Bullettino delle sedute, Fasc. LX—LXIII.
Chapel Hill, N. C. Elisa Mitchell Scientific Society. Journal, Year XVI, Part 1—2.
Chemnitz. Naturwissenschaftl. Gesellsch. XIV. Bericht 1896—99.
Chicago. Academy of Sciences. Bull. of the Geol. and Nat. Hist. Survey, No. 3.
Christiania. Videnskabs-Selskabet. Forhandlinger, Aar 1899, No. 2—4.
— Den Norske Nordhavs-Expedition. Zoologi, No. 25—27.

Danzig. Naturforsch. Gesellschaft. Schriften. N. F. Bd. 10, Heft 1. 1899.
Darmstadt. Verein f. Erdkunde. Notizblatt. IV. Folge, Heft 20.
Davenport (Jowa). Academy of Natural Sciences. Proceedings, Vol. VII. 1897/99.
Donaueschingen. Verein f. Gesch. u. Naturgesch. d. Baar. Schriften. Heft X. 1900.
Dorpat. Naturforsch. Gesellschaft. Sitzungsberichte, Band XII, No. 2.
Dresden. Gesellschaft f. Natur- u. Heilkunde. Jahresbericht 1898/99.
— Naturwiss. Gesellsch. Isis. Sitzungsber. u. Abhandl., Jahrg. 1899, I—XII; 1900, I—VI.
Dublin. Royal Dublin Society. Scientific Proceedings. N. S. Vol. IX., Part I, and Index to the scientif. Proceed. and Transact. from 1877—1898.
— Royal Dublin Society. Economic Proceedings, Vol. I, Part 1.
— » » » Scientific Transactions, Ser. II. Vol. VII, No. II—VII.
Düsseldorf. Naturwissenschaftl. Verein. Mitteilungen, Heft 4. (Festschrift z. 70. Versammlung d. deutschen Naturforscher u. Ärzte 1898.)

Emden. Naturforsch. Gesellschaft. Jahresbericht No. 83/84, 1897—99.
Erlangen. Physikal.-Medizin. Societät. Sitzungsberichte, Heft 31. 1899.
Firenze. Biblioth. Nazion. Centr. Bollett. delle Pubblic. ital., No. 335—356.
— R. Istituto di studi superiori etc. Pubblicazioni (Staderini, Trambusti, Chiarugi, Lustig, Bottazzi).

Firenze. Società botanica italiana. Bullettino 1899, No. 7—10; 1900, No. 1—6.
— » » » Nuovo Giornale Bot. Ital. Vol. VI, No. 4; Vol. VII, No. 1—3.
— Società entomologica italiana. Bullettino XXXI, Trim. I—IV; XXXII, Trim. I—III.
Frankfurt a. M. Ärztl. Verein. Jahresbericht üb. d. Verwaltung d. Medizinalwesens. XLIII. 1899.
— Tabellar. Übersicht betr. d. Civilstand d. Stadt Frankfurt a. M. 1899.
— Physikalischer Verein. Jahresbericht 1898/99.
— Senckenberg. Naturforsch. Gesellschaft. Abhandlungen, Band 26, Heft 1.
— » » » Jahresbericht 1899.
Frankfurt a. O. Naturwiss. Verein d. Reg.-Bez. Frankfurt a. O. Helios, Band 17. 1900.
— Naturw. Ver. f. d. Reg.-Bez. Frankfurt a. O. Societat. litterae, Jahrg. XIII.
Freiburg i. B. Naturforsch. Gesellschaft. Berichte, Band XI, Heft 2.
Fulda. Verein f. Naturkunde. Jahresbericht. 1. Ergänzungsheft.
Genève. Institut National Genévois. Bullettin, T. XXXV. 1900.
Genova. R. Accademia medica. Bollettino, Anno XIV, No. I—III; Anno XV, No. I—II.
Göteborg. Kongl. vetenskaps-och vitterhet-samhälles. Handlinger 1898, Heft 2.
Göttingen. Kgl. Gesellsch. d. Wissensch. Nachrichten. Geschäftl. Mittlng. 1900.
— » » » » Nachrichten. Math.-Phys. Kl. 1899, Heft 3; 1900, Heft 1—2.
Granville (Ohio). Journal of Comparative Neurology. Vol. IX, No. 3/4; Vol. X, No. 1—3.
Graz. Naturwissensch. Verein f. Steiermark. Mitteilungen, Heft 36. 1899.
— Verein d. Ärzte in Steiermark. Mitteilungen, Jahrg. 36 (1899), No. 9; Jahrg. 37 (1900), No. 1—6.
Greifswald. Naturwissenschaftl. Verein f. Neuvorpommern u. Rügen. Mitteilung., Jahrg. 31. 1899.
Groningen. Natuurkundig Genootschap. Verslag 1899.
— Bijdragen tot de Kennis van de Provincie Groningen etc. Deel 1, Stuk 1.
Güstrow. Naturw. Verein in Mecklenburg. Arch. d. Freunde d. Naturgesch. in Mecklenburg, No. 53, II; 54, I.
Haarlem. Musée Teyler. Archives, Sér. II, Vol. VI, 5; Vol. VII, 1.
— Société hollandaise des sciences. Arch. Néerland. des Sc. exact. et nat. Sér. II, T. III, 2—5; T. IV, 1.
Halifax. Nova Scotian Instit. of Science. Proceed. and Transact. 1898/99, Vol. X, 1.
Halle a. S. Kais. Leop.-Car. Dtsch. Akad. d. Naturf. Leopoldina, XXXV, 11—12; XXXVI, 1—10.
— Naturw. Verein f. Sachsen u. Thüringen. Zeitschrift für Naturwissenschaften. Band 72, Heft 3—6; Band 73, Heft 1/2.
Hamburg. Naturwissenschaftl. Verein. Abhndl. aus d. Gebiete d. Naturwiss. XVI, 1.
— » » Verhandlungen, 3. Folge. No. VII, 1899.

Hamburg. Seewarte. Deutsches Meteorolog. Jahrbuch (Ergebn. d. met. Beob.). XXI. 1898.

— » Jahresber. 1898, 1899; II. Nachtrag z. Katalog d. Bibliothek.

— » Aus dem Archiv der deutschen Seewarte. XXII. 1899.

— Verein f. naturwissenschaftl. Unterhaltung. Verhandlungen, X. Bd. 1896—98.

— Wissenschaftl. Anstalten. Jahrbuch, XVI. Jahrg. 1898 mit 4 Beiheften.

Karlsruhe. Naturwissenschaftl. Verein. Verhandlungen, Bd. XII, XIII.

Kassel. Verein f. Naturkunde. Abhandlungen und Berichte, No. XLV, 1898/1900.

Kiel (u. Leipzig). Kommiss. z. wiss. Unters. d. d. Meere u. Biol. Anstalt auf Helgoland. Wissenschaftl. Meeresuntersuch. N. F. Band 3, Heft 2; Band 4, Heft 1.

Kiew. Société des naturalistes. Mémoires, T. XVI, Livr. 1.

Königsberg i. Pr. Physikal.-Ökonom. Gesellsch. Schriften, Jahrg. 40. 1899.

Krakau. Akademie d. Wissenschaft. Anzeiger 1899, No. 8—10; 1900, No. 1, 3—7.

Lausanne. Société Vaudoise des Sc. Nat. Bulletin, No. 133—137.

Leipzig. Kgl. Gesellsch. d. Wissensch. Berichte üb. d. Verhandl. Math.-Phys. Kl. 1899, Math. Teil V—VI; Allgem. Teil; Naturwiss. Teil. — 1900, I—IV.

— Fürstl. Jablonowskische Gesellschaft. Jahresbericht 1900.

Linz. Verein f. Naturkunde in Österreich ob der Enns. 22. Jahresbericht. 1900.

London. Royal Society. Proceedings, No. 422—438.

— » » Reports and Further Reports to the Malaria Committee.

Lyon. Société d'Agriculture, Sciences et Industrie. Annales, Sér. 7, T. 6. 1898.

Madison (Wisc. U. S.). Wisconsin Academy of sciences, arts and lettres. Transact., Vol. XII, 1.

Magdeburg. Naturwissenschaftl. Verein. Jahresbericht u. Abhndl. 1898/1900.

Manchester. Literary and Philosoph. Soc. Memoirs and Proceed., 43. V; 44. I—V.

Marburg. Gesellsch. z. Beförderung d. gesamt. Naturwiss. Schriften, Bd. 12, Abtlg. 7; Bd. 13, Abtlg. 3.

— » » » » » » Sitzungsberichte, 1898.

Marseille. Faculté des sciences. Annales, T. X, Fasc. I—VI.

Milano. R. Istit. Lombardo di Sc. e Lett. Rendiconti, Ser. II, Vol. XXXII.

Milwaukee. Public Museum of the city. Annual Report, No. 17. 1898/99.

Montpellier. Académie des sciences et lettres. Mémoires de la sect. de Méd., 2. Sér., T. 1, No. 2.

— » » » » » Mémoires de la sect. des Sciences, 2. Sér., T. II, No. 5.

Moscou. Société Impériale des Naturalistes. Bulletin 1899, No. 1—4.

München. Ärztlicher Verein. Sitzungsberichte, No. IX, 1899.

München. K. B. Akad. d. Wissensch. Sitzungsber. d. Math.-Phys. Kl. 1899, III; 1900, I—II.
— Gesellschaft f. Morphol. u. Physiol. Sitzungsberichte, Band XV, Heft III.
Münster. Westfäl. Provinzialverein f. Wissensch. u. Kunst. 27. Jahresber. 1898/99.
New-York. Academy of Sciences. Annals, Vol. XII, No. 1.
— » » » Memoirs, Vol. II, Part I.
Nürnberg. Naturhistor. Gesellschaft. Abhandlungen, Band XIII. 1899.
Padova. Società Veneto-Trentina di sc. nat. Atti, Ser. II, Vol. IV, Fasc. I.
Paris. Société zoologique de France. Bulletin, T. XXIV.
Philadelphia. Academy of Natural Sciences. Proceedings 1899, II—III; 1900, I.
Prag. Kgl. Böhmische Gesellschaft d. Wissenschaft. Jahresbericht 1899.
— » » » » » Sitzungsber. 1899.
— Lese- u. Redehalle d. deutschen Studenten. Bericht 1899.
Regensburg. Naturwissenschaftl. Verein. Berichte, Heft VII, 1898/99.
Reichenberg. Verein d. Naturfreunde. Mitteilungen, 31. Jahrg. 1900.
Riga. Naturforscher-Verein. Korrespondenzblatt XLII. 1899.
— » » Arbeiten. N. F. Heft 8—9.
Rochester. Academy of Science. Proceedings, Vol. 3, Broch 2.
Roma. R. Accademia Medica. Bollettino, 1898/99, No. XXV, Fasc. I—II.
— Società Romana per gli Studi Zoologici. Bollettino, Vol. VIII, Fasc. III—V; II. Ser., Vol. I, Fasc. I—IV.
Salem. American Associat. for the Advancement of Science. Proceedings, 48. Meeting. Columbus.
St. Pétersbourg. Académie Impériale des sciences. Bulletin, V. Sér., T. X, No. 5; T. XI, No. 1—5; T. XII, No. 1.
— Académie Impériale des sciences. Mémoires, VIII. Sér., Vol. VIII, No. 8; Vol. IX, No. 3, 7.
— Académie Impériale des sciences. Histoire de l'observatoire physique central. 1ère partie.
— Botanischer Garten. Acta horti Petropolitani. XV, Fasc. II; XVII, Fasc. I—II.
— Société Impér. des Natural. Travaux, Vol. XXVI, Livr. 4; Vol. XXX, Livr. I, No. 4—8, Livr. II; Vol. XXXI, Livr. I, No. 1—3.
St. Gallen. Naturwissenschaftl. Gesellschaft. Bericht 1897/98.
Stavanger. Museum. Aarsberetning 1899.
Stockholm. Entomologisk Föreningen. Entomologisk Tidskrift, Årg. 20, Heft 1—4.
Straßburg i. E. Gesellschaft z. Förderung d. Wissenschaften etc. Monatsberichte, Band XXXIII.
Stuttgart. Verein f. vaterländ. Naturkunde in Württemberg. Jahreshefte, 56. Jahrgang.
Sydney. Roy. Soc. of New South Wales. Journal and Proceedings, Vol. XXXIII. 1899.
Tokio. Medizin. Fakultät d. k. Japan. Universität. Mitteilungen, Band IV, No. VI.

Tokio. Imperial University. The Journal of the College of Science, Vol. XI, Part. IV; Vol. XII, Part. IV; Vol. XIII, Part. I—II.

Torino. R. Accademia delle Scienze. Atti, Vol. XXXV, Disp. 1—15.

— » » » » Osservaz. meteorolog. 1899.

Toronto. Canadian Institute. Proceedings. N. S. Vol. II, Part 3.

— » » Transactions, Vol. VI, Part 1—2.

Toulouse. Académie des sciences, inscript. et belles-lettres. Bulletin, T. II, No. 1—4.

Tufts College. Mass. Studies, No. 6.

Ulm a. D. Verein f. Mathemat. u. Naturwiss. Jahreshefte, 9. Jahrg. 1899.

Upsala. Nova acta societatis scientiarum Upsaliensis. Ser. III, Vol. XVIII, Fasc. II.

Verona. Accademia d'Agricoltura, arti e commercio. Memoire, Vol. LXXIV, Fasc. III; Vol. LXXV, Fasc. I—II; u. 2 Beilagen.

Washington. Smithsonian Institution. Annual Report, 1897, I.

— U. S. Geological Survey. Annual Report 19, II, III, V, VI; 20, I, VI.

— » » » » Bulletin No. 150—162.

— » » » » Monographs XXXIII, XXXIV, XXXVI, XXXVII, XXXVIII.

— U. S. Department of Agriculture. Yearbook 1899.

Wien. K. K. Geolog. Reichsanstalt. Verhandlungen 1899, No. 11—18; 1900, No. 1—10.

— K. K. Naturhistorisches Hofmuseum. Annalen, Bd. XIV, No. 1—2; XV, No. 1.

— Verein z. Verbreitung naturwissenschaftl. Kenntnisse. Schriften, Bd. 40, 1899/1900.

— K. K. Zool.-Botan.-Gesellschaft. Verhandlungen, Bd. XLIX, 1899.

Wiesbaden. Nassauischer Verein f. Naturkunde. Jahrbücher, Jahrg. 53, 1900.

Würzburg. Physikal.-medizin. Gesellschaft. Sitzungsberichte 1899, No. 6-7; 1900, No. 1.

— » » Verhandlungen, Bd. XXXIII, No. 2—4; Bd. XXXIV, No. 1.

— » » Festschrift zur Feier des 50jährigen Bestehens.

Zürich. Naturforsch. Gesellschaft. Neujahrsblatt 1900. No. 102.

— » » Vierteljahrsschrift, Jahrg. 44, Heft 3/4; Jahrg. 45, Heft 1/2.

Verzeichnis

der vom 1. Dezember 1900 bis 10. April 1901 eingegangenen Druckschriften.

(Zugleich Empfangsbescheinigung.)

Altenburg. Naturforschende Gesellsch. d. Osterlandes. Mitteil. a. d. Osterlande. N. F. Bd. IX, 1900.

Bergen. Bergens Museum. Aarbog 1900, Heft 1 u. 2, Beretninger 1900.
— » » Sars. Crustacea of Norway. Vol. III, Part. IX—X.
Berlin. Botan. Verein d. Provinz Brandenburg. Verhandl., Jahrg. 42, 1900.
— Deutsche Geolog. Gesellsch. Zeitschr. d. D. geol. Gesellsch., Band LII, Heft 3.
— Medizinische Gesellschaft. Verhandlungen, Bd. XXXI. 1900.
Bologna. R. Accad. delle sc. dell' Istituto di Bol. Memorie Sez. Med. e Chir., Ser. V, T. VII.
— » » » » » » » Memorie Sez. Scienze Nat., Ser. V, T. VII.
— » » » » » » » Rendiconto delle sessioni. N. S. Vol. II—III.
Bonn. Ärztlicher Ver. f. Rheinl., Westfalen u. Lothringen. Correspondenzbl. No. 67.
— Naturhist. Ver. preuß. Rheinl., Westf. u. d. Reg.-Bez. Osnabrück. Verhandl., Jahrg. 57, 1. Hälfte.
— Niederrhein. Gesellsch. f. Natur- und Heilkunde. Sitzungsberichte 1900, 1. Hälfte.
Boston. American Academy of Arts and Sciences. Proceedings, Vol. XXXVI. No. 5—15.
— Boston Society of Natural History. Memoirs. Vol. 5, No. 6—7.
— » » » » » Occasional Papers Nr. IV.
— » » » » » Proceedings, Vol. 29, No. 9—14.
Braunschweig. Verein für Naturwissenschaft. 8. Jahresbericht 1891/93.
Brünn. Naturforsch. Verein. Verhandl., Bd. XXXVIII, 1899.
— » » XVIII. Bericht der meteorol. Kommiss. 1898.

Bruxelles. Société Entomologique de Belgique. Annales, T. 44, 1900.

Cambridge (Mass. U. S. A.). Museum of Compar. Zool. Harvard Coll. Annual Report 1899/1900.

Cambridge (Mass. U. S. A.). Museum of Compar. Zool. Harvard Coll. Bulletin, Vol. XXXVI, No. 5—6; Vol. XXXVIII, Nr. 1.

Catania. Accad. Gioenia di scienze natur. Atti. Vol. XIII. 1900.

— » » » » » Bullettino dell sedute. Fasc. LXIV—LXV.

Chapel Hill, N. C. Elisa Mitchell Scientific Society. Journal, XVII. Year, Part I.

Cherbourg. Société nation. d. sc. nat. et math. Mémoires, T. XXXI. 1898—1900.

Chur. Naturforsch. Gesellschaft Graubündens. Jahresbericht, N. F. Bd. XLIII, 1899—1900.

Colmar. Naturhist. Gesellschaft. Mitteilungen, Bd. V, 1898/99.

Darmstadt. Verein hessischer Ärzte. Jahresbericht 1900.

Dresden. Gesellschaft f. Natur- u. Heilkunde. Jahresbericht 1899/1900.

Dürkheim a. d. Hardt. Pollichia. Naturw. Ver. d. Rheinpfalz. Jahresbericht Nr. 13 u. Festschrift zur 60jährigen Stiftungsfeier.

Firenze. Biblioth. Nazion. Centr. Bollett. delle Pubblic. ital., 1900, No. 357—360. 1901, No. 1—3.

— Società botanica italiana. Bullettino 1900, No. 7—9.

— » » » Nuovo Giornale Bot. Ital., Vol. VII, No. 4.

— Società entomologica italiana. Bullettino Anno XXXII, Trim. VI.

Frankfurt a. M. Senckenberg. Naturforsch. Gesellsch. Abhandl., Bd. 25, Heft 1—2; Bd. 26, Heft 2; Bd. 28.

Frankfurt a. M. Senckenberg. Naturforsch. Gesellsch. Jahresber. 1900.

Frauenfeld. Thurgauische Naturforsch. Gesellsch. Mitteil. Heft 14, 1900.

Fulda. Verein f. Naturkunde. Bericht Nr. VIII, 1884/98.

Göttingen. Kgl. Gesellsch. d. Wissensch. Nachrichten. Geschäftl. Mittlng. 1900, Heft 2.

— » » » » Nachrichten. Math.-phys. Kl. 1900, Heft 3—4.

Granville (Ohio). Denison University. Bull. of the Scientific Laborat., Vol. XI, Article IX.

— Journal of Comparative Neurology. Vol. X, No. 4.

Graz. Verein d. Ärzte in Steiermark. Mitteilungen, Jahrg. 37, No. 7—8; Jahrg. 38, No. 3—4.

Groningen. Natuurkundig Genootschap. Bijdragen tot de Kennis van de Provincie Groningen, Deel I, Stuk 3—4.

Haarlem. Musée Teyler. Archives, Sér. II, Vol. VII, Partie 2.

— Société hollandaise des sciences. Arch. Néerland. des Sc. exact. et nat. Sér. II, T. V.

Halle a. S. Kais. Leop.-Car. Dtsch. Akad. d. Naturf. Leopoldina, Heft XXXVI, No. 11—12, Heft XXXVII, No. 1—2.

— Naturw. Verein f. Sachsen u. Thüringen. Band 73, Heft 3—6.

— Verein f. Erdkunde. Mitteilungen 1900.

Hamburg. Seewarte. Deutsches Meteorolog. Jahrbuch (Ergebn. d. met. Beob.), Jhrg. XXII, 1899.

— Wissenschaftl. Anstalten. Jahrbuch. Jhrg. XVII mit 4 Beiheften.

Hannover. Naturhist. Gesellschaft. Jahresbericht 48—49 (1897/1899).

Innsbruck. Naturwissensch.-Mediz. Verein. Berichte, Jhrg. XXIII; XXV.

Kharkoff. Société des sciences physico-chimiques. Travaux, T. XXIV—XXVII.

Krakau. Akademie d. Wissenschaft. Anzeiger 1900, No. 8—10.

Leipzig. Kgl. Gesellsch. d. Wissensch. Berichte üb. d. Verhandl. Math.-phys. Kl. Bd. 52 (1900), No. V—VII.

London. Royal Society. Proceedings, No. 438—443.

— » » Report to the Malaria Committee, III—IV.

Luxembourg. Société Botanique. Recueil des Mémoires et des Travaux, No. XIV, 1897/99.

Madison (Wisc. U. S.). Wisconsin Academy of sciences, arts and lettres. Transact., Vol. XII, 2.

Manchester. Literary and Philosoph. Soc. Memoirs and Proceed., Vol. 45, Part. I.

Melbourne. Roy. Society of Victoria. Proceed., N. S., Vol. XII, Part. II.

Montevideo. Museo Nacional. Anales, Fasc. IX—XVIII.

Montpellier. Académie des sciences et lettres. Mémoires de la sect. de sciences, 2. sér., T. II, No. 6—7.

Moscou. Société Impériale des Naturalistes. Bulletin 1900, No. 1—2.

München. K. B. Akad. d. Wissensch. Sitzungsbericht d. Math.-phys. Kl. 1900, Heft III und Inhaltsverzeichnis 1886/1899.

— Gesellschaft f. Morphol. u. Physiol. Sitzungsberichte, Band XVI (1900), Heft I.

Neisse. Wissenschaftl. Gesellsch. Philomathie. Bericht No. 30 (1898/1900).

New-York. Academy of Sciences. Annals, Vol. XII, No. 2—3; XIII, No. 1.

— » » » Memoirs, Vol. II, Part II.

Paris. Société zoologique de France. Bulletin, T. XXV (1900).

Philadelphia. Academy of Natural Sciences. Proceedings 1900, Part. II.

Prag. Kgl. Böhmische Gesellschaft d. Wissenschaft. Jahresbericht 1900.

— » » » » » Sitzungsber. 1900.

Riga. Naturforscher-Verein. Korrespondenzblatt XLIII. 1900.

Roma. Società Zoologica Italiana. Bollettino, Ser. II, Vol. I, Fasc. V—VI.

Saint-Louis. Academy of Science. Transactions, Vol. IX, No. 8—9; Vol. X, No. 1—8.

St. Pétersbourg. Académie Impériale des sciences. Bulletin, Sér. V, T. XII, No. 2—5; T. XIII, No. 1—3.

— Botanischer Garten. Acta horti Petropolitani, T. XVI, T. XVIII, Fasc. I—II.

— Société Impér. des Natural. Travaux, Vol. XXIX, Livr. 4, 5; Vol. XXX, Livr. 3, 5; Vol. XXXI, Livr. 1, No. 4—6.

Siena. R. Accademia dei Fisiocritici. Atti, Ser. II, Vol. X—XII.

Sion (Valais). La Murithienne, Soc. valaisanne des sc. nat. Bulletin, Fasc. XXVII—XXVIII.

Stockholm. Entomologisk Föreningen. Entomologisk Tidskrift, Årg. 21, Heft 1—4.

Tokio. Medizin. Fakultät d. k. Japan. Universität. Mitteilungen, Band IV, No. VII.

Torino. R. Accademia delle Scienze. Atti, Vol. XXXVI, Disp. 1—5, u. Osservaz. meteorolog. 1900.

Toronto. Canadian Institute. Proceedings, N. S., Vol. II, Part 4.

Verona. Accademia d'Agricoltura, arti e commercio. Memoire, Vol. LXXVI, Fasc. I.

Washington. Secretary of Agriculture. Report 1900.

Wien. K. K. Geolog. Reichsanstalt. Verhandlungen 1900, No. 11—18; 1901, No. 1.

— K. K. Zool.-Botan. Gesellschaft. Verhandlungen, Bd. L, 1900.



Mitglieder-Verzeichnis.

Korrespondierende Mitglieder.

Dr. Andreae, Professor, Hildesheim.
Dr. Erlenmeyer, Professor, Aschaffenburg.
Dr. Knapp, Professor, New-York.
Dr. Kußmaul, Geh.-Rat, Exzellenz, Heidelberg.
Dr. F. Schulze, Geh.-Rat u. Professor, Bonn.

Ordentliche Mitglieder.

Dr. Anselmino.
Dr. Antoni, prakt. Arzt.
Dr. Arnold, Geh.-Rat u. Professor.
Dr. Arnsperger, Assistent an d. medizin. Klinik.
Dr. E. Askenasy, Professor.
Dr. Paul Askenasy, Liesing bei Wien.
Dr. Bartsch, prakt. Arzt.
Dr. Bekker, Geh.-Rat u. Professor.
Dr. Bernthsen, Professor, Mannheim.
Dr. Bettmann, Privatdozent.
Königliche Bibliothek, Berlin.
Dr. Blau.
Dr. F. Blum, prakt. Arzt.
Dr. Bornträger, Professor.
Dr. Brauer, Privatdozent.
Dr. H. Braun, prakt. Arzt.
Dr. Brenner, Assistent an d. medizin. Poliklinik.
Dr. Brian, prakt. Arzt.
Dr. Brühl, Professor.
Ph. Brunner.
Dr. Bruno, prakt. Arzt.
Dr. Bütschli, Geh. Hofrat u. Professor.
Dr. Cohnheim, Privatdozent.
Dr. Curtius, Geh.-Rat u. Professor.
Dr. Czerny, Geh.-Rat u. Professor.
Dr. Dilg, prakt. Arzt.
Dr. Dittrich, Privatdozent.
Dr. Driesch.
Dr. Eckardt, Assistent an d. medizin. Klinik.
Dr. Fr. Eisenlohr, Professor.
Dr. Elsasser, prakt. Arzt.
Dr. Erb, Geh.-Rat u. Professor.
Dr. Ewald, Professor.
Dr. L. Fischer senior, prakt. Arzt.
Dr. L. Fischer junior, prakt. Arzt.
Dr. Fleiner, Hofrat u. Professor.
Dr. Glaßner, Hofapotheker.
Dr. Glück, Privatdozent.
Dr. V. Goldschmidt, Professor.
Dr. Göppert, Professor.
Dr. Gottlieb, Professor.
Dr. Greber, Lehramtspraktikant.
Dr. B. Haller, Professor.
Dr. Hammer, Privatdozent.
Dr. Hegener, Assistent an d. Ohrenklinik.
Dr. Herbst.
Dr. Hettner, Professor.
Dr. von Hippel, Professor.
Dr. Hoffmann, Professor.
Dr. Hohenemser, Mannheim.
Dr. Hormuth, Mannheim.
Dr. Horstmann, Professor.
Dr. Jacoby, Assistent am pharmakolog. Institut.
Dr. Jäger, Chemiker.
Dr. Jannasch, Professor.
Dr. Jordan, Professor.
Dr. Jurasz, Professor.
Dr. Kaiser, Professor.
Dr. Kalähne, Assistent a. physikal. Institut.
Dr. Kaposi, Assistent an d. chirurg. Klinik.
Dr. Kehrer, Geh. Hofrat u. Professor.
Dr. Keller, prakt. Arzt.
Dr. Kiefer, Mannheim.
Dr. Klaatsch, Professor.
Dr. Knauff, Geh. Hofrat u. Professor.
Dr. Knövenagel, Professor.
Dr. L. Koch, Professor.

Dr. Königsberger, Geh.-Rat u. Professor.
G. Köster, Buchhändler.
Dr. Krafft, Professor.
Dr. Kräpelin, Professor.
Dr. Landsberg, Professor.
Dr. Lange-Helmstedt, prakt. Arzt, Meckesheim.
Dr. Lauterborn, Privatdozent.
Dr. Leber, Geh.-Rat u. Professor.
Dr. Lossen, Professor.
Dr. Machol.
Dr. Magnus, Privatdozent.
Dr. Marschall, Assistent a. hygien. Institut.
Dr. Marwedel, Professor.
Dr. Mays.
Dr. Merx, Geh. Hofrat u. Professor.
Dr. Middelkamp, Zahnarzt.
Dr. C. Mittermaier, Medizinalrat.
Dr. Nehrkorn, Assistent an d. chirurg. Klinik.
Dr. Nißl, Professor.
Dr. Oppenheimer, Hofrat u. Professor.
Dr. Baron von Osten-Sacken.
Dr. Passow, Professor.
Dr. Petersen, Privatdozent.
Dr. Pfitzer, Geh. Hofrat u. Professor.
Dr. E. Plenge, Assistent am physiolog. Institut.
Dr. Precht, Professor.
Dr. Quinke, Geh.-Rat u. Professor.
Dr. Reinhardt, prakt. Arzt, Neuenheim.
Dr. J. Rieß.
Dr. Rink, prakt. Arzt, Kaiserslautern.
A. Rodrian, Fabrikant.
Dr. Rosenbusch, Geh.-Rat u. Professor.
Dr. Sack, prakt. Arzt.
Dr. Salomon, Professor.
Dr. Schäffer, Privatdozent.
Dr. Schalch, Landesgeolog.
Dr. Schiller, Assistent an d. chirurg. Klinik.
Dr. Ad. Schmidt, Professor.
Dr. B. Schmidt, Privatdozent.
Dr. Schönborn, Assistent an d. medizin. Klinik.
Dr. Schœtensack.
Dr. Schottländer, Professor.
Dr. Schuberg, Professor.
Dr. Schwalbe, Privatdozent.
Dr. O. Simon, Privatdozent.
Dr. Sœtbeer, Assistent an d. Kinderklinik.
Dr. Stein.
Dr. Stephani.
Dr. Stockert, Med.-Rat.
Dr. Stollé, Privatdozent.
Strübe, Kreisschulrat u. Hofrat.
Dr. Sulzer, Neustadt a. d. H.
Dr. Thomen, Bez.-Arzt, Weinheim.
Dr. Tischler, Assistent am botan. Institut.
Dr. Thürach, Landesgeolog.
Dr. H. Trommsdorff.
Dr. Ullrich, prakt. Arzt.
Dr. Völcker, Assistent an d. chirurg. Klinik.
Dr. Vierordt, Professor.
Dr. Vulpius, Medizinal-Assessor.
Dr. O. Vulpius, Privatdozent.
Dr. Wachter, Chemiker.
Dr. Gustav Waltz.
Dr. med. M. Wassermann, Paris.
Dr. Wessely, Assistent an d. Augenklinik.
Dr. Werner, prakt. Arzt.
Dr. Wilser.
Dr. Wirth, prakt. Arzt.
Dr. Witkowsky, Mil.-Arzt, Bruchsal.
Dr. von Würthenau, Stabsarzt.
Dr. Zusch, prakt. Arzt.

Außerordentliche Mitglieder.

Fellenz, cand. med.
R. Goldschmidt, cand. nat., Assistent am Zoolog. Institut.
Pfister, cand. med.
H. Philipp, stud. nat.
Regelmann, Assistent am Mineralogischen Institut.
B. Schröder, cand. nat.



Über die Einwirkung von Gasen auf die Protoplasmaströmung und Zellteilung von Tradescantia, sowie auf die Embryonalentwicklung von Rana und Ascaris.

Vorläufige Mitteilung

von

P. Samassa.

Vor zwei Jahren habe ich[1]) über einige Experimente berichtet, die ich zur Ermittlung der Wirkung verschiedener Gase auf die Entwicklung von Froscheiern gemacht habe; sie waren für mich die Veranlassung zu weiteren Untersuchungen über die Einwirkung von Gasen auf vitale Vorgänge überhaupt, wobei ich jedoch mein ursprüngliches Thema: «Die Physiologie der Embryonalentwicklung» immer im Auge behalten habe. Zahlreiche Unterbrechungen dieser Arbeit, die teils in der Natur der Untersuchungsobjekte, teils in äußeren Verhältnissen begründet waren, haben es mir bisher nicht ermöglicht, zu einem Abschlusse zu kommen, der mir gestatten würde, ein übersichtliches Bild über die in Frage stehenden Prozesse zu geben; die Zusammenstellung der im Titel genannten Themata würde dann wohl weniger wunderlich erscheinen. Da ich bei der Umfänglichkeit des Stoffes auch nicht hoffen kann, daß dies sobald der Fall sein wird, so möchte ich im nachfolgenden kurz eine Reihe von Beobachtungen mitteilen, die auch außerhalb des Zusammenhanges, in dem ich sie später zu verwerten hoffe, nicht ohne Interesse sein dürften; die Darstellung der von mir angewandten Untersuchungsmethoden, sowie die Mitteilung der Belegprotokolle muß ich auf die ausführliche Arbeit verschieben.

---

[1]) *Samassa, P.* Über die äußeren Entwicklungsbedingungen der Eier von Rana temporaria. Verhandl. d. D. Zool. Gesellsch. 1896.

Protoplasmaströmung bei Tradescantia.

Sauerstoff. *Demoor*[1]) giebt an, daß die Protoplasmaströmung durch reinen O beschleunigt werde; er bemerkt dazu: «Nos expériences nous ont donné des resultats absolument conformes à ceux, qui ont déjà été maintes fois décrits». Man wird sich aber in der Litteratur vergebens nach diesen angeblich so zahlreichen Beschreibungen umsehen. *Lopriore*[2]) hat mit Recht diese Angaben bestritten; es findet in der That keine Beschleunigung der Plasmaströmung statt, wie ich durch Messungen, die weder *Demoor* noch *Lopriore* gemacht zu haben scheinen, feststellen konnte.

Sauerstoffentziehung. *Lopriore* hat zwar die Angaben von *Kühne*[3]) und *Demoor*, denen zufolge die Entziehung des O Stillstand der Plasmabewegung zur Folge hat, bestritten und behauptet, die Bewegung dauere in reinem Wasserstoff stundenlang. Ich habe mich durch Versuche, die ich bereits im Sommer 1896 angestellt hatte, von der Unrichtigkeit dieser Angaben überzeugt; sie beruhen zweifellos auf fehlerhafter Anordnung der Versuche und Beimengungen von O zum H. Inzwischen hat auch *Kühne*[4]) die Ergebnisse seiner umfassenden Untersuchungen über diesen Gegenstand veröffentlicht, aus denen hervorgeht, daß man durch eine verbesserte Methodik den Plasmastillstand durch O-Entziehung viel rascher erreichen kann, als dies bisher möglich war.

Stickoxydul. *Demoor* giebt an, daß Stickoxydul die Bewegung des Protoplasmas beschleunige; er bemerkt, daß das verwendete N_2O zwar Spuren von O enthalten habe, daß der Partiärdruck desselben aber jedenfalls unter der Grenze lag, die nach seinen Beobachtungen die Plasmabewegung noch ermöglicht, nämlich 60 mm Luftdruck. Ich habe jedoch bei der Einwirkung von Gasgemischen gefunden, daß ein Partiärdruck, der tief unter der von *Demoor* angegebenen Grenze liegt, die Bewegung noch nicht sistiert; obwohl ich den Einfluß der Luftverdünnung nicht untersucht habe, glaube ich doch, die diesbezüglichen Angaben *Demoors* bezweifeln zu dürfen. Thatsächlich ist auch die Angabe *Demoors* über das N_2O unrichtig; ich habe bei

[1]) *Demoor, J.* Contribution à l'étude de la Physiologie de la cellule. Arch. de Biol. T. 13. 1894.

[2]) *Lopriore, G.* Über die Einwirkung der Kohlensäure auf das Protoplasma der lebenden Pflanzenzelle. *Pringsheims* Jahrb. 28. Bd. 1895.

[3]) *Kühne, W.* Untersuchungen über das Protoplasma und die Kontraktilität. 1864.

[4]) *Kühne, W.* Über die Bedeutung des Sauerstoffs für die vitale Bewegung. I. Zeitschr. f. Biol. 35. Bd. 1897. II. Ebenda. 36. Bd. 1898.

Einwirkung des reinen Gases in wiederholten Versuchen immer gefunden, daß die Plasmaströmung nach 15 bis 20′ sistiert wird. Die Wirkung ist demnach die eines indifferenten Gases, was auch gut mit den sonstigen Beobachtungen über N_2O übereinstimmt, daß nämlich weder tierisches noch pflanzliches Protoplasma im stande ist, den O aus dem N_2O abzuspalten.

Kohlensäure. Bereits *Kühne*[1]) fand, daß CO_2 schädlicher wirkt als H, was *Demoor* bestätigte; trotzdem schreibt letzterer (S. 66): «Les effets de l'hydrogène, de l'anhydride carbonique et du vide (tension d'oxygène très faible) sont identique et doivent être ramenés à ceux, provoqués par l'absence d'oxygène» und giebt ferner an, daß *Kühne* und *Pfeffer* dasselbe behauptet hätten, was für *Kühne* thatsächlich nur in eingeschränkter Weise gilt, während ich mich vergebens bemüht habe, zu entdecken, wo *Pfeffer* dies gesagt haben soll. *Lopriore* hat gefunden, daß eine gewisse Anpassung des Plasmas an die CO_2 stattfinden kann; ein Gemisch von 80 % CO_2 und 20 % O sistiert die Strömung vorübergehend; wendet man allmählich Gemische an, die immer mehr CO_2 und weniger O enthalten, so hält die Strömung unverändert an; so weit kann ich die Angaben von *Lopriore* auf Grund zahlreicher Versuche bestätigen. Wenn aber *Lopriore* ferner behauptet, daß ein so der CO_2 angepaßtes Protoplasma schließlich auch in reiner CO_2 zu strömen fortfährt, so muß ich dem entschieden widersprechen. Ich habe wiederholt Versuche gemacht, bei denen der O äußerst allmählich entzogen wurde, und es erreicht, daß die Strömung noch in einem Gemisch, das bloß $^3/_4$ % O enthielt, erhalten war; sobald man dasselbe aber mit reiner CO_2 vertauschte, war sie in längstens 7 Minuten sistiert; nach den sonstigen Erfahrungen bei vollkommener O-Entziehung ist das auch nicht anders zu erwarten. In anderer Beziehung sind jedoch die Versuche von *Lopriore* interessant, da sie beweisen, daß die Sistierung der Strömung in CO_2 nicht auf der O-Entziehung beruht; denn man kann z. B. mit einem Gemisch von 98 % CO_2 und 2 % O die Strömung dauernd sistieren, wenn man dasselbe unvermittelt wirken läßt, während sie in demselben Gemisch ganz normal anhält, wenn man das Plasma durch Übergänge an den CO_2-Reiz gewöhnt hat; die Sistierung muß also auf einem specifischen Reiz beruhen, den die CO_2 ausübt. Ich habe in der eingangs erwähnten Mitteilung die Vermutung ausgesprochen, daß die CO_2-Wirkung auf Froscheier eine specifische Säurewirkung ist und auf

[1]) Vergl. Anm. 4, S. 1.

der Bildung des Hydrats (H_2CO_3) im Wasser, welches die CO_2 absorbiert enthält, beruht[1]). Ich habe nun auch bei Tradescantia einige Versuche gemacht, um diese Annahme auf ihre Richtigkeit zu prüfen. Zunächst habe ich die Wirkung anderer Säuren untersucht[2]); um einen Maßstab zu der Vergleichung zu haben, habe ich das Verhältnis des Hydrats der CO_2 zum Wasser in Gewichtsprocenten ausgerechnet; dasselbe ist unter der Voraussetzung, daß das Wasser mit CO_2 gesättigt ist, für eine Temperatur von 19° C. 0,2 %. Schwefelsäure in gleicher Verdünnung führt zu rascher Zerstörung, desgleichen noch eine Lösung von 0,04 %; eine Verdünnung von 0,03 % erhielt jedoch die Strömung noch 17^h, so daß eine der CO_2 ähnliche Wirkung zwischen 0,1 und 0,03 % liegen muß. 0,2 % Ameisensäure tötet das Plasma in $1\frac{1}{2}^h$; zum Vergleich diene, daß dies in CO_2 in der Regel in $6—7^h$ der Fall ist. In 0,1 % Ameisensäure habe ich die Strömung noch nach 22^h beobachtet; nach Zusatz der Säure war die Strömung verzögert. In 0,1 % Essigsäure wird die Strömung sistiert, kehrt aber nach Zusatz frischer Zuckerlösung wieder zurück; 0,05 % Lösung sistiert die Strömung nicht. Es scheint mir sehr wahrscheinlich, daß es für alle Säuren einen bestimmten Grad der Verdünnung giebt, in dem sie die Strömung sistieren, ohne die Zelle zu töten. Schon *Hofmeister*[3]) giebt an, daß bei Chara Säuren, aber auch Alkalien und thermische Reize diese Wirkung haben. Die Sistierung der Plasmaströmung durch CO_2 in Gegenwart von O würde also mit der Reizwirkung anderer Säuren gut übereinstimmen[4]). Außer-

---

[1]) Neuerdings hat *Kühne* (vergl. Anm. 5, S. 1) die Ansicht ausgesprochen, daß das Hydrat der CO_2 als solches nur bei erhöhtem CO_2-Druck vorhanden sei, bei Atmosphärendruck jedoch mit Rücksicht auf das Absorptionsgesetz nicht. Ich kann mich auf die chemisch-physikalische Frage hier nicht einlassen; doch wäre zu bemerken, daß auch das Hydrat im Sinne der Jonentheorie nicht als solches, sondern in seinen dissociierten Jonen vorhanden wäre. Wie immer sich das aber verhalten mag, so ist jedenfalls die Möglichkeit vorhanden, daß sich die CO_2 dem alkalischen Protoplasma gegenüber ebenso als Säure verhält wie gegen andere Alkalien.

[2]) Den Säuren wurden ¾ % Rohrzuckerlösung zugesetzt.

[3]) *Hofmeister*. Die Lehre von der Pflanzenzelle. 1867.

[4]) Man könnte vielleicht den Einwand erheben, daß die Einwirkung der CO_2 im Verhältnis zu anderen Säuren viel zu groß ist, da z. B. Schwefelsäure nur fünfmal und Ameisensäure nur zweimal so stark wirkt wie CO_2 und dies dem Stärkeverhältnis der Säuren durchaus nicht entspricht; die chemische Stärke der Säuren scheint hier jedoch überhaupt nicht in Betracht zu kommen, da die Schwefelsäure nur zweiundeinhalbmal so stark wirkt wie Ameisensäure, während sie an chemischen Prozessen (Inversion des Rohrzuckers etc.) gemessen vierzigmal so stark ist (vergl. *Ostwald*, Elektrochemie, S. 1102).

dem findet noch in einem anderen Punkt ein gleiches Verhalten statt: der Kern ausgewachsener Zellen der Staubfadenhaare stellt ein durchaus hyalines Bläschen vor, an dem sich keinerlei weitere Struktur entdecken läßt. In CO_2 nimmt er, auch wenn sie bis zu 20°/o O enthält, nach wenigen Minuten ein sehr charakteristisches, grobschaumiges Aussehen an und behält dasselbe bei, auch wenn die Plasmaströmung in dem Gemisch mit 20°/o O längst wieder zurückgekehrt ist. Vertreibt man dann das Gasgemenge durch Luft, so erhält der Kern nach einiger Zeit sein normales Aussehen wieder. Im Gegensatz hierzu behält der Kern in H, N und N_2O noch lange, nachdem die Plasmaströmung erloschen ist, sein normales Aussehen. Ein ganz ähnliches Verhalten beschreiben *Loeb* und *Hardesty*[1]) von Paramaecium. Andererseits rufen Schwefelsäure, Essigsäure und Ameisensäure genau dieselben Veränderungen am Kern hervor wie CO_2 und zwar auch in Verdünnungen, die die Plasmaströmung ganz intakt lassen. — Schließlich möchte ich noch einen Versuch erwähnen, den ich gemacht habe, um zu sehen, wie CO_2 ohne Mitwirkung von Wasser bezw. Zuckerlösung wirkt; ich habe den Stengel einer Tradescantiablüte in ein mit Wasser gefülltes Röhrchen eingekittet und dieses Röhrchen dann in eine Kammer gebracht, durch die CO_2 geleitet und die dann abgeschlossen wurde; die Staubfadenhaare befanden sich also trocken in CO_2. Nach 12^h nahm ich die Blüte heraus und untersuchte die Staubfadenhaare in Zuckerlösung. Die sistierte Plasmaströmung kehrte nach einigen Minuten zurück. In Zuckerlösung und CO_2 wären die Zellen sicherlich nach längstens 6^h abgestorben, in Zuckerlösung allein halten sie sich leicht 30^h, so daß die deletäre Wirkung auf der Kombination von CO_2 und Wasser beruhen muß. Andererseits muß man sich freilich sagen, daß die Bildung des Hydrats im Zellsaft auch vor sich gehen kann; es ist aber wohl möglich, daß die CO_2 in Wasser gelöst leichter in die Zelle eindringt wie als Gas. Schließlich muß man auch daran denken, daß es natürlich in den geschilderten Versuchen unvermeidlich ist, daß auch einige grüne Pflanzenteile mit in die Kammer kommen und etwas O produziert wird; doch habe ich sonst von geringen O-Beimengungen keinen so günstigen Einfluß auf die Erhaltung der Zellen in CO_2 bemerken können.

---

[1]) *Loeb*, *J.*, und *Hardesty*, *J.* Über die Lokalisation der Atmung in der Zelle. *Pflügers* Arch. Bd. 61. 1895.

Zellteilung von Tradescantia.

Demoor giebt an, daß sich nach seinen Beobachtungen die Zellteilung ungestört fortsetzt, nachdem man durch äußere Agentien (Chloroform und O-Entziehung) die Plasmaströmung sistiert hat, daß es hierbei jedoch nie zur Bildung einer Zellscheidewand komme; er zieht daraus den Schluß, daß Kern und Plasma voneinander funktionell unabhängig, daß bloß das Protoplasma Sitz der Atmung sei u. s. w. *Loeb* und *Hardesty* haben darauf hingewiesen, daß diese Schlüsse keineswegs aus den Beobachtungen *Demoors* folgen, daß dieselben vielmehr nur beweisen, daß auch bei Tradescantia äußere Agentien auf den Zellleib stärker und rascher einwirken als auf den Kern, was anderweitig schon mehrfach beobachtet wurde. Es wäre außerdem zu bemerken, daß die Strömung ja nur eine Funktion des Protoplasmas und überdies gerade an Zellen, die sich teilen, gar nicht vorhanden ist und daß gewisse Vorgänge, die *Demoor* beschreibt, wie das Auseinanderrücken der Tochterplatten ohne Mitwirkung des Plasmas, wohl nicht zu denken sind. Nun bin ich aber auch in der Lage, auf Grund einer eingehenden Nachuntersuchung zu zeigen, daß die Beobachtungen *Demoors* überhaupt irrtümlich sind.

Die Hauptursache seiner Irrtümer ist, daß er sich um die Vorgänge der normalen Zellteilung zu wenig gekümmert hat[1]). Seine Darstellung enthält viele Abweichungen von den Angaben *Strasburgers*[2]), die *Demoor* aber, wie es scheint, gar nicht gekannt hat, da er sich mit denselben nicht auseinandersetzt und das betreffende Buch von *Strasburger* auch im Litteraturverzeichnis nicht aufgeführt ist. Ich kann aber mit Bestimmtheit sagen, daß die Beschreibung *Strasburgers* sowie die Abbildungen, die er giebt, von ganz nebensächlichen Dingen abgesehen, vollkommen dem entsprechen, was man am lebenden Objekt sieht, und dies läßt sich durchaus nicht so einfach dem gewöhnlichen Kernteilungsschema einreihen, wie dies *Demoor* thut. So kann ich z. B. in Übereinstimmung mit *Strasburger* mit Bestimmtheit versichern, daß Spindelfasern am lebenden Objekt nicht zu sehen sind, und es scheint, daß *Demoor* sie nur dem allgemeinen Kernteilungsschema zu Liebe gesehen hat. Die Abbildungen *Demoors* sind gleichfalls sehr schematisch und ich glaube nicht, daß jemand bei Tradescantia Bilder wie seine Fig. 1, 2 und 14 jemals zu Gesicht bekommen hat. Der verhängnisvollste Irrtum ist aber *Demoor*

---

[1]) Dies ist auch sonst der Fall; so betitelt *Demoor* z. B. die Leukoplasten als «grumeaux de protoplasme»!

[2]) *Strasburger.* Zellbildung und Zellteilung. 1880.

bezüglich des Anfangs und der zeitlichen Dauer der Mitose zugestoßen; *Strasburger* schildert, wie die Mitose durch ein allmähliches Wachstum des Kerns, zunächst ohne Veränderung der Struktur desselben beginnt; diese Periode dauert mehrere Stunden, sie kann aber bei unserer Betrachtung aus dem Spiele bleiben, weil sich aus der Vergrößerung allein nicht mit absoluter Sicherheit im einzelnen Fall sofort erkennen läßt, ob der betreffende Kern sich teilen wird oder nicht. Dies ändert sich sofort, sobald die charakteristische Strukturveränderung des Kerns eintritt, die die Kernteilung einleitet. Der ruhende Kern hat in den Staubfadenhaaren, in denen man Zellteilungen antrifft (Knospen von 5 mm Länge), ein äußerst gleichmäßiges, fein punktiertes Aussehen, das von *Strasburger* auf eine netzige Struktur zurückgeführt wird[1]). Diese Struktur vergröbert sich nun bei Beginn der Kernteilung, indem jetzt statt der Punkte ein wirkliches Netzwerk mit größeren, gleichmäßigen Zwischenräumen zu sehen ist; nach einiger Zeit treten dann in demselben stärkere Züge hervor, die zunächst immer noch Verbindungen zwischen sich erkennen lassen, welche jedoch später schwinden; erst jetzt kann man meiner Meinung nach von einem Knäuelstadium sprechen[2]).

Diese Vorbemerkungen waren notwendig, um die Zeitdauer der Mitose feststellen zu können; aus praktischen Gründen lasse ich die Zeit des vorbereitenden Kernwachstums ohne Strukturveränderung, sowie die der Rekonstruktion der Tochterkerne nach Verschwinden der Chromosomen weg und teile den dazwischen liegenden Zeitraum auch lediglich nur nach dem praktischen Gesichtspunkte einer möglichst scharfen Bestimmung in drei Phasen: 1. vom Beginn der Strukturveränderung bis zum Knäuelstadium; 2. vom Beginn des Knäuelstadiums bis zur Durchschnürung des Muttersterns; 3. bis zur Bildung der Zellscheidewand und dem Verschwinden der Chromosomen in den Tochterkernen. Bei der Langsamkeit, mit der sich die Vor-

[1]) Ich bemerke, daß ich sowohl das punktierte, wie auch das netzförmige Bild für den optischen Ausdruck einer Wabenstruktur halte; eine Diskussion dieser Frage liegt jedoch dem Thema dieser Mitteilung fern.

[2]) *Strasburger* hat in späteren Arbeiten (Über den Teilungsvorgang der Zellkerne und das Verhältnis der Kernteilung zur Zellteilung. Arch. f. mikr. Anat., Bd. 21, 1882; Die Kontroversen der indirekten Kernteilung. Ebenda, Bd. 23, 1884) die Ansicht ausgesprochen, das Netzwerk sei durch einen einzigen vielfach gewundenen Faden gebildet; ich halte das zwar für ausgeschlossen, wollte man aber diese Auffassung annehmen, so müßte man doch ein feinfädiges Knäuelstadium einem grobfädigen gegenüberstellen, da die beiden Phasen, die ich als netziges und Knäuelstadium bezeichne, scharf charakterisiert sind.

gänge abspielen, ist es natürlich nicht möglich, den Eintritt einer Phase auf die Minute genau anzugeben, aber die Genauigkeit ist in jenen Grenzen möglich, die sich aus der individuellen Variation so wie so ergeben. Auf Grund zahlreicher Messungen habe ich als Minimalzahlen für die Dauer der ersten Phase $1^h\,30'$, für die zweite $50'$ und für die dritte ebensoviel erhalten; die Gesamtdauer der drei Phasen demnach 3—$3^1/_2$ Stunden. *Strasburger* giebt für die ganze Zellteilung, die von mir weggelassenen Phasen mitinbegriffen, eine Dauer von 5—6^h an; wenn man die Angaben im Text, sowie die den Abbildungen beigefügten Zeiten zusammenstellt, so ergiebt sich für die Dauer der einzelnen Phasen eine in den Grenzen individueller Schwankung fast vollkommene Übereinstimmung mit den von mir gemessenen Zeiten. *Demoor* aber giebt an, die Kernteilungsdauer dauere $1^h\,20'$—$1^h\,40'$; betrachtet man *Demoors* Beschreibung der Zellteilung, sowie seine Protokolle, so erkennt man gleich, daß diese kurze Bemessung der Dauer der Zellteilung offenbar daher rührt, daß er die erste der von mir angeführten Phasen überhaupt übersehen hat und die Kernteilung gleich mit dem Knäuelstadium beginnen läßt. Trotzdem sind ihm «les premiers indices de la mitose prochaine . . . extrêmement vagues». Von den Konsequenzen, die sich aus dieser irrtümlichen Zeitbestimmung ergeben, hier nur ein Beispiel: *Demoor* stellt (l. c. S. 40) die Frage, ob die Mitose in H beginnen könne, und bejaht sie auf den Befund hin, daß 15 Minuten nach Stillstand der Plasmaströmung der Kern in das Knäuelstadium tritt, während natürlich der Kern sich schon längst vor Stillstand der Plasmaströmung im netzigen Stadium befunden haben muß.

Bevor ich zur Schilderung meiner Beobachtungen übergehe, muß ich noch bemerken, daß ich trotz angestrengtester Aufmerksamkeit an in Teilung begriffenen Endzellen niemals eine Strömung des Plasmas gesehen habe; der Kern füllt den Zellraum so aus und das Protoplasma ist an den Polen des Kerns so stark angesammelt, daß für eine Strömung gewissermaßen gar kein Raum vorhanden ist. Nur einmal habe ich an einer, fünf Zellen vor der Spitze der Haare gelegenen Zelle einen Plasmastrang gefunden, der eine schwache Strömung zeigte, die aber nicht entfernt so stark war wie an den proximalen Zellen des gleichen Haares, in denen der Kern einen viel kleineren Raum einnimmt und bereits eine größere, mit Zellsaft erfüllte Höhle in der Zelle vorhanden ist. Wenn ich also im folgenden von der Sistierung der Strömung spreche, so ist dieselbe niemals an der in Teilung be-

findlichen, sondern immer an einer mehr proximal gelegenen älteren Zelle beobachtet.

Von meinen eigenen Versuchen will ich nur die mit Chloroform eingehender besprechen, weil das Chloroform rascher wirkt und in seiner Wirkung viel leichter abgestuft werden kann als z. B. die O-Entziehung und diese Versuche ohne irgend einen Aufwand von Apparaten leicht nachgemacht werden können. Ich habe dreiviertelprozentige Rohrzuckerlösung mit Chloroform durch Schütteln gesättigt und diese dann mit einer dreiviertelprozentigen Zuckerlösung verdünnt; es ist aber nicht möglich, mit einer bestimmten Verdünnung immer den gleichen Effekt zu erzielen. Hieran mögen nun z. T. individuelle Verschiedenheiten des Objekts schuld sein, die Hauptursache möchte ich darauf schieben, daß es kaum gelingen dürfte, absolut gleich starke Lösungen herzustellen; denn Chloroform ist im Wasser nur in Spuren löslich; die Sättigung der Zuckerlösung mit Chloroform ist unmittelbar nach dem Schütteln jedenfalls am stärksten, man kann sie aber erst verwenden, wenn sie einige Zeit gestanden hat und das Chloroform wieder zu Boden gesunken ist; beim Stehen sowie beim Umschütteln zum Zwecke der Verdünnung mag aber der Sättigungsgrad wohl abnehmen und das nicht immer gleichmäßig. Im allgemeinen kann man sagen, daß gesättigte Lösung von den Zellen nur kurze Zeit vertragen wird, daher für unsere Versuche nicht verwendbar ist, hingegen habe ich von Verdünnungen 1 : 1 bis 1 : 4 mitunter ganz den gleichen Erfolg beobachtet. Es läßt sich aber in jedem Fall während des Versuches die Konzentration ändern und der gewünschte Erfolg erreichen. Die auffälligste Wirkung des Chloroforms, die auch bei schwächeren Lösungen sofort eintritt, ist das Zurückweichen des Plasmas an den Kern und die Zellwände; in den jüngeren und insbesondere den in Teilung begriffenen Zellen, bei welchen der Kern noch fast die ganze Breite der Zelle ausfüllt, bilden sich an den beiden Enden der Zelle eine größere oder mehrere kleinere Vakuolen. Trotz dieser offenbaren Reizwirkung des Chloroforms auf das Protoplasma braucht die Plasmaströmung nicht sistiert zu sein, sie ist aber wohl immer stark verzögert. Ich will nun durch die Wiedergabe eines typischen Protokolls zeigen, welches in einem solchen Falle die Wirkung auf die Kernteilung ist.

$12^h 15'$. Zelle a. Mutterstern, b. Knäuel. Verdünntes Chloroformwasser wird durchgeleitet, in Zelle a und b treten größere Vakuolen auf. Plasmaströmung stark verzögert.

$12^h 30'$. a und b unverändert.

$1^h 10'$. a geteilt, Zellscheidewand gebildet. b unverändert. Frische Zuckerlösung durchgeleitet.

$2^h 10'$. b. Tochtersterne getrennt.

$2^h 30'$. b. Zellplatte sichtbar.

$2^h 45'$. b. Zellscheidewand gebildet. Chromosomen bereits undeutlich.

Betrachten wir zunächst das Verhalten der Zelle a; trotz der deutlichen Chloroformwirkung auf das Plasma hat dieselbe ihre Teilung fortgesetzt und zwar nicht bloß der Kern, sondern auch das Plasma, das die Zellscheidewand bildet. Die Teilung hat aber nicht den typischen Verlauf: durch die Vakuolen behindert, die während der ganzen Dauer der Chloroformwirkung unverändert ihre Form und Lage bewahren, können die Tochtersterne nicht auseinanderrücken, sie rekonstruieren sich an Ort und Stelle und liegen nach der Teilung der Zellscheidewand dicht an. Hingegen wurde die Zelle b in ihrer Teilung vollkommen sistiert; sie setzt nach Aufhebung der Chloroformwirkung die Teilung sogleich fort und vollendet sie in 95 Minuten, d. i. wenn wir annehmen, daß sich der Kern beim Eintritt der Chloroformwirkung schon fünf Minuten im Knäuelstadium befand, genau in der normalen Zeit.

Als Gegenstück hierzu will ich noch ein Protokoll eines Falles, in dem die Chloroformwirkung stärker und die Plasmaströmung sistiert war, mitteilen:

$10^h 30'$. Zelle a. Mutterstern. b. Knäuelstadium. Durchleitung von Chloroformzuckerlösung. Zellen vakuolisiert. Plasmaströmung sistiert.

$11^h 15'$. a. Die Chromosomen, die um $10^h 30'$ parallel der Längsaxe der Zelle verliefen, erscheinen gewellt, was man der mechanischen Wirkung der Vakuolen zuschreiben muß, die die Chromosomen zusammenpressen. b unverändert.

$11^h 30'$. a und b unverändert, frische Zuckerlösung durchgeleitet, nach wenigen Minuten normale Plasmaströmung.

12^h. a. Vakuolen haben sich verkleinert, sonst unverändert. b unverändert.

$12^h 15'$. Vakuolen noch mehr verkleinert, sonst unverändert. b. Umwandlung in den Mutterstern.

1^h. a. Normales Aussehen wie um $10^h 30'$ wieder hergestellt. b. Tochtersterne getrennt.

$1^h 08'$. a. Tochtersterne getrennt.

$1^h 30'$. b. Zellplatte, Chromosomen noch zu unterscheiden.

$1^h 45'$. a. Zellplatte, Chromosomen noch zu unterscheiden. b. Teilung vollendet.

2^h. a. Teilung vollendet.

Dieser Versuch zeigt, daß die Zelle a, die sich bei Beginn der Chloroformeinwirkung auf dem gleichen Stadium befand wie die Zelle a des vorigen Versuchs, durch die stärkere Chloroformwirkung in der Teilung völlig sistiert wird; aber auch nachdem diese aufgehoben und die Plasmaströmung zurückgekehrt ist, dauert es 90 Minuten, bis der status quo ante hier wieder hergestellt, worauf dann die Teilung in der normalen Zeit vollendet wird; in der Zelle b hingegen beträgt die Verzögerung nur 45 Minuten. Es ergiebt sich hieraus, daß bei völlig sistierter Plasmaströmung die Kernteilung sich nicht nur nicht fortsetzt, sondern auch noch eine verzögernde Nachwirkung von individuell schwankender Dauer erfährt. Dieselbe Erfahrung habe ich bei der Einwirkung von H, N, N_2O und CO_2 gemacht. Diese Ergebnisse stehen im vollen Gegensatz zu allen Beobachtungen *Demoors;* abgesehen von der schon früher erwähnten Fehlerquelle in betreff der Zeitbestimmung lassen sich seine Resultate zum Teil darauf zurückführen, daß es sich nicht um vollkommenen Plasmastillstand gehandelt hat, ähnlich wie in dem ersten, von mir mitgeteilten Fall.

Man könnte nun vielleicht aus meinen Beobachtungen den Schluß ziehen, daß der Kern gegen den Einfluß äußerer Agentien empfindlicher ist als das Protoplasma, während *Demoor* gerade das Gegenteil behauptet hatte. Mit dieser Schlußfolgerung muß man aber vorsichtig sein; zwar tritt die Restitution der Plasmaströmung früher ein als die der Kernteilungsphänomene; aber es braucht längere Zeit, bis das Protoplasma seine normale Verteilung in der Zelle wieder erhält. Demnach verhalten sich selbst verschiedene Funktionen des Plasmas den äußeren Einwirkungen gegenüber verschieden; außerdem geht gerade aus den beiden genauer mitgeteilten Fällen hervor, daß auch die Kerne von Zellen desselben Staubfadens individuell verschieden reagieren, und es würde Schwierigkeiten haben, diese Differenzen aus den verschiedenen Phasen, in denen sich die Kerne befinden, zu erklären. Wäre das aber auch der Fall, so würde das nur dafür sprechen, daß man diese Befunde nicht generalisieren kann. Jedenfalls zeigt bei Tradescantia der Kern nicht größere Widerstandsfähigkeit gegen äußere Agentien als das Protoplasma; bei Echinodermeneiern ist nach den Untersuchungen von *O.* und *R. Hertwig*[1]) und

[1]) *Hertwig, O.* und *R.* Über den Befruchtungs- und Teilungsvorgang des tierischen Eies unter dem Einfluß äußerer Agentien. 1887.

von *Loeb*[1]) bekanntlich gerade das Umgekehrte der Fall; eine Verallgemeinerung dieser Befunde, wie sie von *O. Hertwig*[2]) versucht wird, ist aber nach dem oben Mitgeteilten wohl unzulässig.

Eier von Rana temporaria.

In meiner früheren Mitteilung habe ich darauf aufmerksam gemacht, daß H einen weit deletäreren Einfluß auf sich entwickelnde Froscheier habe als N; als O-Verdränger wirken beide Gase gleich, es ist aber anzunehmen, daß H außerdem noch eine specifische Wirkung auf die Eier habe. Um diese Frage zu entscheiden, habe ich folgenden Versuch angestellt: Vier Glasballons wurden mit Eiern des gleichen Laichs zwei Stunden nach der künstlichen Befruchtung beschickt; durch je zwei Ballons wurde unter den gleichen Bedingungen und durch gleiche Zeit hindurch H bezw. N geleitet und die Ballons an ihren Rohransätzen abgeschmolzen. Je ein H- und N-Ballon wurden in Eis gebracht[3]), während die anderen beiden Ballons im Laboratorium bei einer Temperatur von ca. 18° C. gehalten wurden. Nach einer Woche wurden alle vier Ballons geöffnet und die Eier unter normale Bedingungen gebracht; die Eier aus den im Zimmer gehaltenen Ballons waren sämtlich abgestorben und entwickelten sich nicht, ebenso die in H in Eis gehaltenen; die in N in Eis gehaltenen Eier entwickelten sich hingegen vollkommen normal. Daraus folgt, daß der H auch dann eine Wirkung auf die Eier hat, wenn seine Wirkung als O-Verdränger gar nicht in Betracht kommt; denn durch die O-Entziehung bei normaler Temperatur wird das Ei, das ein labiles energetisches System vorstellt, der Möglichkeit eines normalen Ablaufs der Energiewechselprozesse beraubt und verfällt einem raschen Zerfall; durch die Kälte wird aber das labile System in ein relativ stabiles verwandelt und braucht daher überhaupt keinen O; daher erhalten sich die Eier in reinem N genau so entwicklungsfähig wie in Luft. Die H-Wirkung dürfte aber auf einer Reduktion

---

[1]) *Loeb, J.* Experiments on Cleavage. Journal of Morphol. Vol. 7. 1892.

[2]) *Hertwig, O.* Über den Wert der ersten Furchungszellen. Arch. f. mikrosk. Anat. Bd. 42. 1893.

[3]) Da *O. Hertwig* (Über den Einfluß der Temperatur auf die Entwicklung von Rana fusca und Rana esculenta. Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. 51, 1898) gefunden hat, daß frisch befruchtete Eier gegen Kälte empfindlicher sind als spätere Stadien, habe ich, um jeden schädigenden Einfluß der niederen Temperatur (dieselbe betrug während der ganzen Dauer meines Versuchs einige Zehntel über 0) auf die Eier auszuschließen, die beiden Ballons über Nacht bei einer Temperatur von ca. 7° C. gehalten und erst am nächsten Morgen, also etwa im Beginn des Blastulastadiums, in Eis gebracht.

von Substanzen im Ei beruhen, die zur normalen Entwicklung notwendig sind; bei einer Temperatur, die die Entwicklung gestattet, kombiniert sich diese Reduktionswirkung mit der der O-Entziehung. Die Reduktion durch H findet aber nur bei Abwesenheit von O statt, denn in einer Atmosphäre von 80% H und 20% O entwickeln sich die Eier ganz normal.

Bezüglich der CO_2-Produktion der Eier habe ich neue Versuche angestellt, die auch schon gegen Ende des ersten Entwicklungstages eine geringe CO_2-Produktion beweisen; ich möchte daher eine Angabe, die ich in meiner ersten Mitteilung gemacht habe, etwas beschränken. Die Thatsache, daß in fast völligem O-Vakuum die Entwicklung durch etwa 20 Stunden bei ca. 18° C. normal erfolgt, habe ich durch zahlreiche neuerliche Versuche bestätigt gefunden; daß aber auch normalerweise während dieser Zeit kein O aufgenommen wird, ist damit noch nicht gesagt; darüber müssen genaue quantitative Versuche Auskunft geben, die ich im nächsten Frühjahr zu machen hoffe. Ich habe mich auch davon überzeugt, daß die Entwicklung in den ersten 20^h bei O-Ausschluß nicht etwa auf Kosten der Sauerstoffspuren, die noch vorhanden sein könnten, vor sich geht. Wenn man nämlich Eiern im Alter von 24 Stunden, die sich auf dem Blastulastadium befinden, den O entzieht, so entwickeln sie sich auch weiter, aber höchstens 6^h. Würde nun die Entwicklung mit Hülfe vorhandener minimaler Mengen von O erfolgen, so müßten Eier, die sich unter O-Abschluß 20^h entwickelt haben, mindestens 6^h weiter entwickeln, wenn man sie nach 20^h auf kurze Zeit mit Luft unter normalem Druck in Berührung bringt und dann wieder evakuiert; das ist aber nicht der Fall, die Eier bleiben auf dem gleichen Stadium und entwickeln sich nicht weiter. Ein fernerer Beweis ist auch, daß die Menge der in einen Ballon gebrachten Eier ganz gleichgültig ist, sie entwickeln sich immer gleich weit; würde aber die Entwicklung von den vorhandenen O-Spuren abhängen, so müßte sich natürlich eine geringe Zahl von Eiern weiter entwickeln als eine große. Je weiter übrigens die Entwicklung fortgeschritten ist, desto empfindlicher werden die Embryonen gegen O-Entziehung.

Meine frühere Mitteilung, daß Eier in reinem O sich in den ersten vier Tagen normal entwickeln, kann ich auf Grund neuerlicher Versuche bestätigen. *Rauber*[1]) war zu dem Resultate gekommen,

[1]) *Rauber.* Über den Einfluß der Temperatur, des atmosphärischen Druckes und verschiedener Stoffe auf die Entwicklung tierischer Eier. Sitz.-Ber. d. naturf. Ges. z. Leipzig. 10. Jahrg. 1883.

daß bereits ein Luftdruck von drei Atmosphären Froscheier auf dem Gastrulastadium töte; da es wohl zweifellos ist, daß alle Wirkungen erhöhten Luftdrucks nur auf der Wirkung des erhöhten O-Partiärdruckes beruhen, so würde demnach schon eine O-Pression von $^3/_5$ Atmosphären deletär sein. Dies halte ich für ganz ausgeschlossen und kann nur annehmen, daß irgend eine andere Schädlichkeit dieses Resultat verschuldet hat. Ich habe Froscheier im zweizelligen Stadium in reinem O unter Druck von $2^1/_4$ Atmosphären gebracht; dieselben befanden sich in einem kugeligen Gefäß in mehreren Schichten übereinander. Nach vier Tagen waren die zuunterst gelegenen Eier normal entwickelt und entwickelten sich, unter normale Bedingungen gebracht, normal weiter; die darüber lagernden waren in verschiedenen Stadien in der Entwicklung sistiert und abgestorben. Wenn die zuunterst gelegenen Eier auch nicht den vollen Druck auszuhalten hatten, so betrug derselbe doch schon mehr als eine Atmosphäre. Scheinbar scheinen auch die Befunde *P. Berts*[1]) meinen Beobachtungen zu widersprechen; dieselben sind jedoch nicht direkt mit denselben vergleichbar. *Bert* fand nämlich, daß Froscheier in einer Atmosphäre mit 95% O nach zehn Tagen zum Ausschlüpfen entwickelt, aber tot sind; ich habe aber alle meine Versuche absichtlich nur über die ersten vier Entwicklungstage gemacht; hat der Embryo einmal Kiemen, dann steht er zu seiner Umgebung bereits in einem ähnlichen Verhältnis wie ein erwachsenes Tier, und seine Existenzbedingungen sind natürlich viel komplizierter als die Entwicklungsbedingungen des Eies.

Eier von Ascaris megalocephala.

Die Thatsache, daß man Eier von Ascaris durch O-Entziehung durch längere Zeit in der Entwicklung sistieren kann, ohne sie zu schädigen, ist durch *Hallez*[2]) bekannt und seither bei Untersuchungen über die Embryonalentwicklung dieses Nematoden oft praktisch verwertet worden. Ich habe N (45 Tage), CO_2 (50 Tage), N_2O (66 Tage) einwirken lassen, ohne die Entwicklungsfähigkeit der Eier aufzuheben; bemerkenswert ist, daß CO_2 hier ebenso bloß durch O-Entziehung wirkt wie N; ich habe diese Thatsache in ihrer theoretischen Bedeutung in einer früheren Mitteilung bereits erörtert[3]). Eine Schä-

---

[1]) *Bert, P.* La pression barometrique. 1878.

[2]) *Hallez, P.* Recherches sur l'embryogénie et sur les conditions de développement de quelques Nématodes. 1885.

[3]) Ich habe auch Dauereier von Daphnia pulex zwei Monate hindurch in CO_2 gehalten, ohne sie dadurch zu schädigen.

digung der Eier findet doch statt; im zweizelligen Stadium hatte ein allerdings nicht erheblicher Prozentsatz der Eier im O-freien Medium eine völlige Sonderung der beiden Furchungszellen erfahren; dieselben furchten sich dann nach O-Zutritt unabhängig voneinander weiter[1]). Ferner tritt die Weiterentwicklung nach Verbringung in normale Verhältnisse nicht sofort ein, sondern es braucht einen, nach dem 66tägigen Aufenthalt in N_2O sogar zwei Tage, bis dieselbe wieder einsetzt. Natürlich hat auch der Zeitraum, innerhalb dessen eine Sistierung der Entwicklung von den Eiern ertragen wird, seine Grenzen; Eier, die ich elf Monate und zwölf Tage in H gehalten hatte, erwiesen sich als vollkommen zerstört; die intakten Eierschalen enthielten nur etwas krümeligen Detritus. Hingegen hatten Eier im zweizelligen Stadium, die sogar etwas längere Zeit in N gewesen waren, ihre Form beibehalten, entwickelten sich aber, in normale Verhältnisse zurückgebracht, nicht mehr. Dies ist wieder ein Beweis, daß H noch eine besondere reduzierende Wirkung auf das Protoplasma hat.

Während Ascariseier gegen O-Entziehung viel empfindlicher sind als Froscheier, ist dem O gegenüber gerade das Umgekehrte der Fall; reines O verzögert die Entwicklung der Eier sehr beträchtlich; O unter $2^1/_4$ Atmosphären Druck sistiert die Entwicklung sofort und tötet die Eier nach längstens elf Tagen, während Luft unter diesem Druck die Entwicklung normal fortschreiten läßt. Diese Thatsache ist mit Rücksicht auf die Theorie der Wirkung des komprimierten O wichtig: während nämlich *Bert* sie für eine Giftwirkung hält, erklärt *Lehmann*[2]), der sich sehr eingehend mit diesem Problem befaßt hat, daß die Wirkung des komprimierten O mit der des relativen O-Mangels identisch sei und daß derselbe nur die Synthesen, nicht aber die Spaltungen störe. Für unseren Fall ist diese Annahme offenbar unmöglich: denn die Ascariseier sind auch gegen kompleten O-Mangel verhältnismäßig sehr unempfindlich und da mit dem Eintreten der Wirkung des komprimierten O die Weiterentwicklung sofort sistiert

[1]) Das Schicksal dieser Eier habe ich nicht weiter verfolgt; jedenfalls habe ich nie Doppelembryonen gesehen; daß solche entstehen, ist auch aus theoretischen Gründen wenig wahrscheinlich. Trotzdem wäre es wohl lohnend, dieses Mittel zur Trennung der beiden ersten Furchungszellen weiter auszunutzen und die Folgen der Trennung genauer zu untersuchen.

[2]) *Lehmann, K. B.* Über den Einfluß des komprimierten Sauerstoffs auf die Lebensprozesse der Kaltblüter und auf einige Oxydationen. Inaug.-Diss. Zürich. 1883.

wird und damit auch die Spaltungen aufhören dürften, so hat er wohl keine Gelegenheit, die Synthesen zu verhindern. Man muß also für den vorliegenden Fall wohl auf die *Bert*'sche Erklärung zurückgehen; dieselbe ist leider freilich mehr eine Umschreibung als eine Erklärung der Thatsachen.

München, 5. Juli 1898.

Beiträge zur Frage nach den Bedingungen der Vermehrung und des Eintritts der Konjugation bei den Ciliaten.

Von D. Joukowsky.

Die Frage nach dem Vorgang der Konjugation und ihrer Bedeutung wurde in der letzten Zeit von *Bütschli*, *Balbiani*, *Maupas*, *R. Hertwig* und Anderen untersucht. Nach den schönen Untersuchungen von *Maupas* könnte man die Frage vielleicht als vollständig gelöst betrachten, wenn nicht ihre Wichtigkeit die Wiederholung seiner Versuche forderte, was meines Wissens noch nicht unternommen wurde.

Geschichtliches.

Schon *Leeuwenhoek* im 17. Jahrhundert, *Joblot* und *Baker* im 18. Jahrhundert haben die Konjugation beobachtet und sie als solche gedeutet. Später aber, unter dem Einfluß der Arbeiten von *Trembley* und Anderen über die Teilung der Stentoren und Vorticellen, faßte man die Konjugation als eine Längsteilung auf. Mit Ausnahme des dänischen Forschers *O. Fr. Müller* teilten alle Anderen, wie *Ehrenberg*, *Dujardin*, *Claparède* und *Lachmann*, bis auf *Stein* diese falsche Meinung. Es war *Balbiani*'s Verdienst, diese Ansicht zu widerlegen. Im Jahre 1858 machte er der Pariser Akademie eine Mitteilung (5), in der er, auf seine Untersuchungen über Paramaecium bursaria gestützt, behauptete, daß die sogenannte Längsteilung nichts anderes sei als die Vereinigung zweier Individuen zum Zwecke der gegenseitigen Befruchtung. Neben der gewöhnlichen Vermehrung durch Teilung sollte nach ihm eine andere, geschlechtliche existieren. Später, im Laufe des Jahres 1861, veröffentlichte derselbe Forscher weitere Untersuchungen und entwickelte seine Theorie (7; p. 102, 194, 431, 465). Er betrachtete den Nucleus als Eierstock, den Micronucleus als Hoden. Das streifige Aussehen der Produkte des Micronucleus erklärte er durch Anwesenheit von Spermatozoen. Befruchtete Eier werden nach außen abgelegt, aus welchen später die Infusorien sich entwickeln. *Stein* bekämpfte diese Theorie in Einzelheiten, stimmte aber im zweiten Bande seines Werkes (3) im wesentlichen damit überein. Er meinte, daß die Embryonen sich schon im Nucleus entwickelten und dann erst die Mutter verließen. Er wurde durch den jetzt erkannten Parasitismus von Acineten getäuscht und behielt seine Meinung trotz der Berichtigungen *Metschnikoff*'s und *Balbiani*'s, welch letzterer früher denselben Irrtum begangen hatte, später aber sich von ihm befreite.

Im Jahre 1873 zog *Bütschli* die Theorie *Balbiani's* in Zweifel (8), indem er sie kritisch beurteilte. Im Jahre 1875 erschien eine vorläufige Mitteilung von *Bütschli* (9) und im folgenden Jahre seine ausführliche Arbeit, welche in unserer Frage Epoche gemacht hat (10). In demselben Jahre erschien auch eine Arbeit von *Engelmann* (11), welcher sich gleichfalls gegen die Theorie von *Balbiani* aussprach. Wir werden uns auf die Besprechung der zweiten Arbeit *Bütschli's* beschränken, da sie bei weitem die wesentlichere und umfangreichere ist. Oben wurde bereits bemerkt, daß schon *Balbiani* das streifige Aussehen der Produkte des Micronucleus beobachtet hatte und durch das Vorhandensein von Spermatozoen erklärte. Nachdem nun *Bütschli* dieselben Figuren bei der Teilung der Kerne in Eiern und anderen Zellen gesehen hatte, erbrachte er den Beweis, daß die Micronuclei echte Zellkerne sind und daß diese Figuren zu der eigentümlichen Umwandlung, welche die Kerne während der Teilung erfahren, gehören. Er verfolgte die Entwickelung der Macro- und Micronuclei bei der Konjugation weiter und zeigte, daß der alte Macronucleus während dieses Prozesses zerfällt und eliminiert wird und durch einen neuen, welcher aus den Produkten des Micronucleus (Samenkapseln von *Balbiani*) entsteht, ersetzt wird. Aus diesen Thatsachen schloß er folgendes: «Die Bedeutung des Konjugationsaktes ist eine Verjüngung der ihn begehenden Tiere. Durch diese Verjüngung erscheinen uns die aus der Konjugation hervorgehenden Individuen sehr geeignet, zu den Stammvätern einer Reihe durch Teilung sich fortpflanzender Generationen zu werden, im Laufe welcher allmählich ein Sinken der Lebensenergie sich einstellt. Letzterer Umstand findet seinen Ausdruck darin, daß die Größe der Individuen mehr und mehr sinkt, sodaß schließlich eine Minimalgröße erreicht wird, worauf eine neue Konjugationsepoche eintritt» (10, p. 421). *Bütschli* wies ferner auch auf die Homologie der Konjugation mit ähnlichen Prozessen bei den Protozoen und Algen und mit dem Befruchtungsakt bei den höheren Tieren hin (10, p. 424), aber freilich in einem anderen Sinne, als dies *Balbiani* gethan. Der Körper des mehrzelligen Organismus wird nicht mit einem Infusor verglichen, sondern mit der ganzen Reihe der Generationen, welche aus einem aus der Konjugation hervorgegangenen Individuum entsteht. Damit war die richtige Ansicht gewonnen. *Bütschli* beobachtete jedoch nicht den eigentlichen Prozeß der Befruchtung, welcher im Austausch und in der Kopulation der Produkte der Micronuclei beider konjugierenden Tiere besteht. Es gelang ihm auch nicht festzustellen, welche Ursache in letzter Instanz die Konjugation hervorruft.

Ehe wir aber zu den Werken von *Maupas* übergehen, müssen wir noch betrachten, was speziell über die Vermehrung der Infusorien bekannt wurde. Der erste, welcher die Vermehrung der freischwimmenden Infusorien beobachtet hat, war *Benedikt Saussure*. Er isolierte ein Infusor und beobachtete die Entwickelung. Am dritten Tage sah er die Zahl der Tiere auf 60 steigen. Dieselben Versuche wiederholte *Ehrenberg* im Jahre 1830. Eingehender hat sich mit der Frage *Balbiani* beschäftigt. Er isolierte ein Tier im Uhrgläschen; nachdem die Tiere sich reichlich vermehrt hatten, isolierte er wiederum eins davon und wiederholte dieses Verfahren. Auf solche Weise bekam er approximative Kenntnisse über die Schnelligkeit der Vermehrung. Ähnliche Versuche machte auch *Bütschli* mit dem Unterschiede, daß er zwei Kulturen derselben Infusorienart bei verschiedenen Temperaturen anstellte, wobei sich ein großer Einfluß der Temperatur auf die Vermehrung beobachten ließ.

Im Jahre 1888 erschien das hervorragende Werk *Maupas'*: «Sur la multipl. des infus. ciliés». *Maupas* betonte, daß es nötig ist, um die Bedeutung und die Rolle, welche die Konjugation im Leben der Infusorien spielt, zu erkennen, sie von biologischer Seite zu untersuchen. Durch Kultivierung einiger Infusorienarten über vier Monate lang zeigte er, daß die Infusorien aussterben, wenn sie nicht zur Konjugation mit solchen Individuen kommen, die von einer anderen Syzygie abstammen, also in keiner nahen Verwandtschaft mit ihnen stehen. Der Tod tritt infolge seniler Degeneration ein. Die Konjugation ist danach ein Verjüngungsakt, wie sie schon *Bütschli* richtig genannt hat. Diese Degeneration zeigt sich in dem Verlust der Bewimperung und der Degeneration des Kernapparates. Bei verschiedenen Infusorienarten ist die Zahl von Generationen verschieden groß, nach welcher unbedingt der Tod eintreten muß, wenn die Tiere keine Möglichkeit erhalten, mit nicht zu derselben Generationsreihe gehörenden Tieren in Konjugation zu treten. Diese Zahlen der Generationen glaubt *Maupas* für die vier von ihm untersuchten Arten: Stylonychia pustulata, Stylonychia mytilus, Onychodromus grandis und Oxytricha sp.? angeben zu können. Nur solche Tiere aber sind zur Konjugation befähigt, welche eine gewisse Zahl von Generationen von ihrem aus der Konjugation hervorgegangenen Stammvater trennt. Solche Tiere nennt er karyogamisch reif und hierin liegt (13, p. 407) die erste Bedingung für das Auftreten der Konjugation. Die zweite Bedingung ist nach ihm der Hunger (13, p. 407). Nur hungernde Infusorien treten zur Konjugation zusammen. Man kann also nach Belieben in einer Kultur, die karyogamisch reife Infusorien enthält, Konjugationen bekommen oder ihr Auftreten verhindern, je nachdem man die Tiere hungern läßt oder ihnen reichliche Nahrung zuführt.

Worin der eigentliche Prozeß der Verjüngung, d. h. der Konjugation, besteht, untersuchte *Maupas* in seiner zweiten (13) umfangreichen Arbeit, in der er den Vorgang von der morphologischen Seite studiert. Dieser besteht in dem Austausch der Produkte der Micronuclei und ihrer Verschmelzung. Aus dem, in jedem der beiden Konjuganten durch Verschmelzung (Kopulation) gebildeten Kern entwickeln sich die zwei Teile des Kernapparates. Zu demselben Schlusse gelangte auch *R. Hertwig* (14), dessen Arbeit in demselben Jahre erschien wie die von *Maupas*.

Methodisches.

Die Methode, welche ich befolgte, wurde von *Maupas* in seiner oben erwähnten Arbeit angegeben (12). Auf dem Objektträger, unter einem mit Wachsfüßchen gestützten Deckglase, wurde ein Infusor isoliert und in der feuchten Kammer aufbewahrt. Als Nahrungsflüssigkeit habe ich bei meinen Kulturen von Pleurotricha lanceolata *(Ehbg)* und Paramaecium caudatum *(Ehbg) Maupas* Heuinfusion angewandt. Man nimmt eine kleine Handvoll Heu, zerkleinert es und läßt es einige Zeit mit Wasser kochen. In die filtrierte und mit Wasser weiter bis zur Weißweinfarbe verdünnte Flüssigkeit bringt man ein kleines Stückchen Fleisch; die Trübung, welche am nächsten

Tage entsteht, weist auf die Entwickelung von Bakterien hin. Kleine Infusorien entwickeln sich in einer solchen Flüssigkeit sehr rasch. Bei der Züchtung der größeren Infusorien muß man aber vorsichtig verfahren, indem man das Tier in demselben Wasser, in welchem es gefangen wurde, läßt und sehr allmählich obengenannte Nährflüssigkeit zusetzt. Aus dem Aquarium genommen und gleich in diese oder eine andere Nährflüssigkeit übergeführt, sterben die Infusorien meist. Es ist auch zu empfehlen, in die Deckglaskultur einige Muskelfäserchen zu bringen, wie das *Bütschli* angegeben hat. Die Vermehrung geht auf diese Weise noch rascher vor sich. Pleurotricha lanceolata, welche ich lange Zeit kultivierte, fütterte ich mit einer Uronema-Art; letztere Ernährungsweise ist für die Ernährung solcher Carnivoren, wie Pleurotricha, noch günstiger, und hat weiter den Vorteil, daß man die Quantität der Nahrung viel leichter kontrollieren kann. Ein unter solchen Verhältnissen isoliertes Infusor teilt sich rasch. Am dritten Tage kann die Zahl der Individuen solcher Deckglaskultur je nach der Temperatur 60, 120 bis 240 erreichen. Dann wurde ein Individuum wiederum isoliert, auf einem neuen Objektträger in derselben Weise kultiviert und dies so weiter fortgesetzt. Jeden Tag wurde die Kultur beobachtet und jeden Tag Nahrung (aus Uronema bestehend) hinzugeführt. Die alte Deckglaskultur wurde einige Zeit aufbewahrt, bis man fand, daß die neue sich gut entwickelte; andernfalls wurde aus der alten wieder ein Infusor isoliert.

Im Anfang, als ich noch keine Uronema zur Fütterung nahm, sondern meine Tiere in der obengenannten Nährflüssigkeit züchtete, auch in der Methode noch nicht so bewandert war, ging die Vermehrung in mehr oder weniger unregelmäßiger Weise vor sich. Erst später, nach Ablauf eines Monats, entwickelten sich die Tiere regelmäßig. Es gelang mir nie, eine so große Anzahl von Individuen in einer Deckglaskultur zu bekommen, wie dies bei *Maupas* der Fall war. Die Zahl der Individuen in einer Deckglaskultur stieg bei *Maupas* bis über 300, 400 und 500. Wenn bei meinen Versuchen die Zahl der Tiere über 100 gestiegen war, so vermehrten sie sich weiterhin viel langsamer. In manchen Fällen, wo die Zahl sehr hoch wurde, war es unmöglich, die Individuen zu zählen, weil sie unruhig waren [1]). Daher verzichtete ich überhaupt auf längere Kulturen unter

[1]) Die Erscheinung, welche *Maupas* erwähnt (13, p. 499), daß die Infusorien am Rande des Deckglases sich in eine Reihe stellen und ruhig bleiben, ist mir niemals begegnet.

demselben Deckglase und isolierte gleich wieder ein Individuum, wenn die Zahl derselben etwa 60 betrug.

Beobachtungen an Pleurotricha lanceolata *(Ehbg)*.

Nach einigen gescheiterten Versuchen gelang es mir am 9. November 1894, vier Deckglaskulturen von Pleurotricha lanceolata anzulegen (siehe Tabelle Ia, Ib, IIa, IIb), welche bis Mitte August 1895 erhalten wurden. Zwei dieser Kulturen (Ia, Ib) gingen aus den beiden Sprößlingen einer und derselben Syzygie hervor. Zwei der Kulturen (Ia und IIa) hielt ich in einem Thermostaten bei 20° bis 23° C., die anderen zwei (Ib, IIb) im Hausflur, wo die Temperatur im Winter auf 10° C. sank, im Sommer dagegen bis 22° C. stieg.

Ehe ich auf die genauere Besprechung dieser Versuche eingehe, will ich ein paar Worte über die Kerne von Pleurotricha einschalten. Der Macronucleus besteht — wie bei Stylonychia — aus zwei Gliedern, welche in einiger Entfernung in der Längsrichtung hintereinander stehen und deren Verbindungsstrang an gewöhnlichen Präparaten nicht zu bemerken ist. Eben aus der Teilung hervorgegangene Individuen zeigen diesen Strang sehr deutlich. Bei Erwachsenen dagegen muß er sehr fein sein und entzieht sich der Beobachtung. Ich möchte auf eine Erscheinung an diesen Kerngliedern aufmerksam machen, welche ich übrigens auch bei anderen Infusorien, wie Paramaecium caudatum *(Ehbg) Maupas*, bemerkte und die auf meinen Präparaten sehr deutlich zu sehen ist, nämlich das Vorhandensein von Vakuolen im Kerninhalt. Ich hielt dies zuerst für eine Degenerationserscheinung, bis das konstante Auftreten dieser Kernvakuolen mich überzeugte, daß es sich um normale Verhältnisse handeln müsse. Sie erscheinen wie helle Kugeln durch die ganze gefärbte Masse des Nucleus zerstreut und ihre flüssige Natur scheint unzweifelhaft zu sein.

Im Verlaufe von acht Monaten, während welchen die Zahl der Generationen in der Kultur (Ia) 458 erreichte, konnte ich keine Degenerationserscheinungen an den Pleurotrichen nachweisen. Ebenso erfolglos waren meine Bemühungen, in anderen Kulturen dieser Spezies solche Erscheinungen aufzufinden. Während der ganzen Zeit habe ich niemals die Tiere sich konjugieren sehen. Manchmal beobachtete ich zwar, daß die Infusorien sich aneinander legten und einige Zeit zusammen schwammen, zur Konjugation kam es aber niemals. Mischungen zwischen den Individuen dieser vier Kulturen

waren ebenso erfolglos, obwohl ich die Tiere nach der Angabe von *Maupas* (13, p. 407) hungern ließ und zuweilen in reines Wasser gesetzt habe. Dieses stimmt mit Beobachtungen von *Maupas* über seine Kultur von Stylonychia mytilus *(Stein)* überein (12, p 216). Bei der Züchtung dieses Infusors gelang es ihm nicht, trotz öfterer Mischungen mit fremden Individuen, Konjugationen zu bekommen.

Die Schwankungen in der Größe der Tiere scheinen wesentlich von der Quantität und Qualität der Nahrung abzuhängen. Die alten Deckglaskulturen, welche ich nach der Herausnahme eines Individuums manchmal sehr lange Zeit — bis zu einem Monate — aufbewahrte, ohne ihnen Nahrung zu verabfolgen, zeigten, bis zu welch winziger Größe die Tiere sich verkleinern können. Pleurotricha lanceolata, welche in normalen Verhältnissen eine Länge von 200 μ erreichen kann, verkleinerten sich bis zu der Größe von 30 ja 15 μ. Mit starker Vergrößerung konnte trotzdem der typische Bau der Oxytrichinen nachgewiesen werden. Plötzlich trat in einer solchen Kultur verkümmerter Individuen ein außerordentlich großes und kräftiges Individuum auf, was ich nicht anders erklären konnte, als dadurch, daß dasselbe seine eigenen Brüder verzehrt hat und auf solche Weise in außerordentlich günstige Ernährungsverhältnisse gekommen war. Später konnte ich diese Vermutung als vollständig richtig erweisen. Ich untersuchte nämlich solche Fälle genauer, als ich später Onychodromus grandis kultivierte. Nachdem ich solche Erscheinungen bemerkt hatte, nahm ich diese riesigen Individuen heraus und präparierte sie. Auf den Präparaten sah man ganz genau den typischen Kernbau der verschluckten kleinen Individuen im Leibe ihrer gemästeten Brüder. Wurden aber diese großen Onychodromus isoliert und unter Verhältnissen weiter gezüchtet, wo sie nicht Individuen ihrer Art verzehren konnten, so gingen die folgenden Generationen allmählich bis zu gewöhnlicher Größe zurück. Die ganz kleinen Individuen dagegen wurden bei sorgfältiger Fütterung mit der Nährflüssigkeit größer. Bei den erwähnten winzigen Individuen von Pleurotricha lanceolata waren die Kerne vollständig normal. Demnach waren keine Degenerationserscheinungen vorhanden.

Die Abhängigkeit der Schnelligkeit der Vermehrung der Pl. lanceolata von der Temperatur ist aus den Tabellen (I a—b, II a—b) klar und stimmt mit den Angaben von *Maupas* über die Vermehrung der Stylonychien überein (12, p. 213). Während sich die Tiere bei circa 23° C. drei- bis viermal in 24 Stunden teilen, teilen sie sich bei 12° C. nur einmal in derselben Zeit unter sonst gleichen Ver-

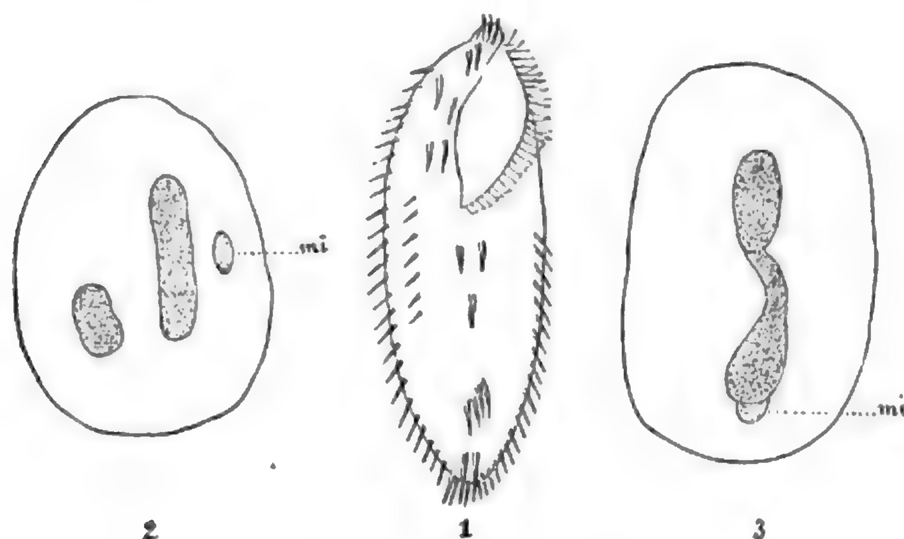
hältnissen. Ich führe hier die nachstehende Tabelle an, welche den Einfluß der Temperatur auf die Vermehrung der Pl. lanceolata zeigen soll. Zu diesen Kulturen wurden Individuen derselben Generation entnommen, nämlich so: ich isolierte ein Individuum und wartete, bis es sich zweimal geteilt hatte, sodaß vier Individuen entstanden waren. Drei von diesen letzteren wurden zur Untersuchung verwendet.

	Tp. 30° C.	23° C.	15° C.
13. XII. 1894: 6 h. p. m.	1 Ind.	1 Ind.	1 Ind.
14. XII. 1894: 6 h. p. m.	16 Ind.	8 Ind.	2 Ind.

Die Fortsetzung der in vorstehender kleiner Tabelle verzeichneten Kultur führe ich nicht an, weil die Unregelmäßigkeit der Vermehrung auf nicht normale Verhältnisse hinwies, unter welchen sich die Tiere weiter entwickelten. Die normale Vermehrung findet jedenfalls in der ersten Zeit einer Kultur statt, unmittelbar nachdem ein Individuum aus der Deckglaskultur isoliert wurde. Am dritten und vierten Tage treten schon Unregelmäßigkeiten in der Vermehrung auf. Dies gab *Balbiani* Veranlassung (6), die Vermehrung als von den räumlichen Verhältnissen abhängig zu betrachten. Daß es sich dabei nicht um den Mangel an Nahrung handelt, darf ich mit genügender Sicherheit annehmen, indem in vielen solchen Fällen reichliche Nahrung vorhanden war. Ich kann hier die Worte *Bütschli*'s anführen, welcher sagt (15, p. 1588): «Man darf jedoch fragen, ob in diesen Fällen die Wassermenge direkt wirkt, oder ob dabei die Ernährung ins Spiel kommt, eventuell auch eine andere Störung im regelmäßigen Verlaufe des Stoffwechsels». Ich glaube, daß man den Grund in abnormen Verhältnissen suchen muß, in welchen die Tiere leben. Die Flüssigkeit verändert sich nach zwei Tagen in ihrer Zusammensetzung und die Tiere scheiden jedenfalls Absonderungen aus, welche in beschränktem Raume für sie schädlich sein dürften. *Maupas* hat selbst die Überzeugung gewonnen, daß eine gewisse Art von Bakterien die normale Vermehrung hindere (12, p. 203). Ich weise auf meine Tabelle, nämlich auf die vom 21. November 1894 (Kultur I a) und auf die vom 28. November 1894 (Kultur Ib) hin. An diesen Tagen stand plötzlich die Vermehrung still, ohne daß ich den Grund davon finden konnte. Erst nachdem ich aus diesen Deckglaskulturen ein

Individuum isoliert hatte, ging die Vermehrung wieder regelmäßig weiter fort.

Weiterhin hängt auch die Schnelligkeit, mit welcher sich ein Individuum teilt, von seiner Individualität ab, welche durch sein früheres Leben in gewissem Grade bedingt ist. Die Richtigkeit der betreffenden Beobachtung *Maupas'* (12, p. 172) muß ich voll bestätigen. Die Individuen, welche durch Mangel an Nahrung in ihrer Vermehrung gehindert wurden, brauchen immer eine gewisse Zeit, um ihre normale Vermehrungsenergie wieder zu erreichen, nachdem man sie in eine Umgebung mit genügender Nahrung gebracht hat. Dabei



Pleurotricha lanceolata.

Fig. 1. Nach dem lebenden Exemplar gezeichnet. — Fig. 2. Aus der Kultur Ib 2. September 1895, Methylgrünessigsäure. — Fig. 3. Aus der Kultur IIb 4. September 1895, Methylgrünessigsäure.

muß ich bemerken, daß die Unregelmäßigkeiten in der Zahl der Individuen auf das verschiedene Tempo der Vermehrung bei einzelnen Individuen derselben Deckglaskultur hinweisen. Die einen teilen sich rascher als die anderen, wodurch das Auftreten von anderen Zahlen als nur 4, 8, 16, 32, 64 u. s. w. in der Tabelle begreiflich wird. Dies kann nun dadurch erklärt werden, daß einige Tiere zufälligerweise in verschiedene, mehr oder weniger günstige Verhältnisse geraten sind als die anderen. Ebenso werden einige von den Tieren größer, andere kleiner. Auf diese Weise werden in einem so beschränkten Raume, wie er unter einem Deckglase besteht, und in einer Kultur, welche nur von einem Individuum abstammt, doch frühzeitig individuelle Verschiedenheiten bemerkbar, welche auch noch

einige Zeit nach Aufhebung der diese Verschiedenheiten hervorrufenden Ursachen fortdauern.

Von den zwei Kulturen von Pleurotricha (I a, I b), welche aus einer Syzygie stammten, erreichte die eine (Ia) 460, die andere (Ib) 250 Generationen. Im ersteren Falle übertrifft also die Zahl der Generationen mehr als hundertmal die von *Maupas* für Stylonychia pustulata, Stylonychia mytilus und andere festgestellte Zahl. Die Degenerationserscheinungen, welche *Maupas* schon von der hundertsten Generation an bei seinen Infusorien beobachtete, konnte ich, wie gesagt, mit Sicherheit nicht nachweisen. Ich habe nie das Fehlen von Frontalmembranellen, welches *Maupas* beschreibt (12, p. 209), gesehen. Erst als ich meine Versuche abbrach (im August 1895) und die letzten Präparate anfertigte, beobachtete ich abnormale Kernverhältnisse. Auf Figur 2 ist die abnormale relative Lage der zwei Teile des Macronucleus zu sehen. Der eine Teil ist übermäßig verlängert. Auch der Micronucleus erscheint verlängert, als ob er zur Teilung sich anschickte. Auf der Figur 3 sehen wir die beiden Teile des Macronucleus in ihrer normalen Lage, nämlich einer hinter dem andern in der Längsrichtung. Der hintere Teil aber zeigt die Neigung, mit dem vorderen zu konfluieren, indem man nämlich sieht, daß das vordere Ende desselben sich gegen den hinteren Pol des anderen Teiles bis zur Berührung ausgezogen hat. Aus beiden Figuren kann man den Eindruck erhalten, als ob die Tiere zwar zur Teilung sich rüsteten, aber ohne diese ausführen zu können.

Wenn man meine Resultate mit denen von *Maupas* vergleicht, so läßt sich ein Widerspruch bemerken. Die sechs unten angegebenen Kulturen *Maupas'* gaben folgende Zahlen der Generationen bis zu ihrem Aussterben (12, p. 260). Zwei Kulturen von Stylonychia pustulata *(Ehrenberg)* = 215 und 300 Generationen. Nur die zweite Kultur stammte von einem Sprößlinge einer Syzygie; die erste dagegen von einem aus dem Aquarium gefangenen Individuum. Man muß annehmen, daß diese letzte schon durch hundert Generationen von ihrem aus der Konjugation hervorgegangenen Vorfahren getrennt war. Stylonychia mytilus *(O. F. Müller)* = 319 Generationen. Onychodromus grandis *Stein* = 320 bis 330 Generationen. Oxytricha sp.? = 320 bis 330 Generationen. Leucophrys patula *(Stein)* = 660 Generationen. Es könnte wohl sein, daß die Zahl der Generationen, nach welchen die Tiere aussterben, für Pleurotricha lanceolata *(Ehbg)* nicht dieselbe ist wie für die Stylo-

nychien-, Onychodromus- und Oxytricha-Arten. Es ist aber schwer anzunehmen, daß bei so nahe stehenden Tieren, wie Pleurotricha, Stylonychia und Onychodromus, die Verhältnisse sehr verschieden sein sollten, und daß nur eines von diesen Tieren, nämlich Pleurotricha, eine Ausnahme machen soll. Noch interessanter erscheint es, daß die Degenerationserscheinungen bei meinen Kulturen nicht vorhanden waren, abgesehen von den oben erwähnten zwei Fällen.

Erst nachdem ich meine Versuche abgebrochen hatte, kam ich auf die Idee, meine Resultate mit den von *Maupas* erhaltenen, trotzdem sie auf den ersten Blick so widersprechend erscheinen, in Einklang zu bringen. Es ist sehr wohl möglich, daß für die Degeneration, welche *Maupas* nachgewiesen hat, nicht die Zahl der Generationen allein, sondern die Zahl der Generationen in Verbindung mit der Schnelligkeit der Vermehrung wirksam ist. Sehen wir die Tabelle *Maupas'* (12, p. 197) genauer an, so stellt sich heraus, daß gerade in dem letzten Monate seiner Kultur die Vermehrung am raschesten vor sich ging. Die Tiere teilten sich in dieser Zeit vier- bis fünfmal im Verlauf von 24 Stunden. Wenn bei meinen Versuchen diese Zahlen auch manchmal erreicht wurden, so geschah dies doch nie in regelmäßiger Weise und durch längere Zeit. Die gewöhnliche Schnelligkeit der Vermehrung betrug in meinen Kulturen zwei bis drei Teilungen in 24 Stunden. Zwei kurze Kulturen von Pleurotricha lanceolata, welche ich bei 30° C. hielt, wo die Vermehrung sehr rasch vor sich ging, wiesen viele Cysten auf und gingen am Ende schlecht vorwärts, was ich dem Einfluß der hohen Temperatur zuschrieb und nicht genauer verfolgte, weil ich diese Kulturen nur anstellte, um die Schnelligkeit der Vermehrung bei dieser Temperatur zu ermitteln. Weitere Untersuchungen darüber dürften notwendig erscheinen.

Die Qualität der Nahrung hat auch, wie zu erwarten, einen großen Einfluß auf die Vermehrung. Die Pleurotrichen, welche mit Uronema gefüttert wurden, vermehrten sich viel schneller als die in Eiweiß-, Heu- und Mehlinfusion gezüchteten[1]). Die nachstehende Tabelle zeigt dies deutlich (a und b):

---

[1]) Eiweißinfusion wird bereitet, indem man einfach frisches Eiweiß in kaltem Wasser einrührt; Mehlinfusion, wenn man Wasser mit eingerührtem Mehl einige Zeit kochen läßt.

		In Eiweiß	In Heuinfusion mit Uronema.
a)	3. Dez. 1894 bei 29° C.	1 Pleur. lanc.	1 Pleur. lanc.
	4. Dez. 1894 bei 29° C.	5 » »	32 » »
b)	4. Dez. 1894 bei 12° C.	1 » »	1 » »
	5. Dez. 1894 bei 12° C.	1 » »	2 » »
	6. Dez. 1894 bei 12° C.	2 » »	4 » »
	7. Dez. 1894 bei 12° C.	2 » »	12 » »

Ich habe während meinen, lange Zeit hindurch fortgesetzten Kulturen von Pl. lanceolata viele Male Gelegenheit gehabt, mich von der Richtigkeit dieser Thatsache zu überzeugen.

Beobachtungen an Paramaecium caudatum *Maupas*[1]) *(Ehbg).*

Von dieser Spezies habe ich zwei Kulturen gezüchtet. Die Kulturen wurden am 12. November 1894 begonnen und bis Anfang Mai fortgesetzt. Die Temperatur schwankte zwischen 19° C. und 23° C. Die eine Kultur hat 150 Generationen erreicht, die andere dagegen 170. Die Paramaecien vermehren sich viel langsamer als Pleurotricha lanceolata, was wohl teils von der Art der Nahrung abhängt, welche aus Bakterien und kleinen Flagellaten bestand, teils aber auch von der verschiedenen Organisation des Ernährungsapparates, welcher auf mehr oder weniger raschere Vermehrung Einfluß haben mag. *Maupas* betrachtet die Schnelligkeit der Vermehrung als von vier Faktoren abhängig (12, p. 253): 1. das eigene Temperament der Art; 2. ihre biologische Anpassung hinsichtlich der Nahrung; 3. Qualität und Quantität der Nahrung; 4. Temperatur.

Der Grund der viel langsameren Vermehrung der Paramaecien muß in den drei ersteren Faktoren zu suchen sein. Die Tiere teilten sich in meinen Kulturen 1- bis 2 mal in 24 Stunden bei der obenerwähnten Temperatur. Anfang Mai begannen die Tiere sich schlecht zu vermehren, dann stand die Vermehrung ganz still und die Tiere

---

[1]) Ich habe Paramaecium aurelia *(Ehrenberg, Maupas)* mit den Merkmalen, welche *Maupas* diesem Tiere beibringt, nie angetroffen. Alle meine Paramaecien hatten stets einen einzigen Micronucleus.

starben ab. Ob dieses Aussterben der Degeneration zuzuschreiben ist, ist fraglich. Wie ich schon früher gesagt habe, begegnete ich solchem Aufhören der Vermehrung schon früher am Anfang der Kultur bei Pleurotricha lanceolata. Degenerationserscheinungen am Nucleus konnte ich nicht nachweisen. Eine interessante Erscheinung, welche vielleicht als ein Anzeichen von Degeneration angesehen werden kann, ist folgende. Anfangs Mai, also gerade in der Zeit, als die Tiere sich zu vermehren aufhörten, beobachtete ich einzelne Individuen, welche ganz unbeweglich waren und tot schienen; bei der Untersuchung mit dem Mikroskop konnte man aber sehr gut die langsame Thätigkeit der kontraktilen Vakuolen und die strömende Bewegung des Entoplasmas erkennen. Die Cilien auf der Oberfläche waren fast völlig verschwunden. Es fand sich nur eine spärliche Bewimperung an dem vorderen und hinteren Ende des Tieres und um den Mund herum. Die Cilien schlugen sehr langsam oder waren ganz unbeweglich. Bei diesen Exemplaren konnte man sehr gut die Verhältnisse der Cilien zur Oberfläche studieren. Früher war *Bütschli* der Meinung, daß die Cilien auf Papillen stehen, welche letztere voneinander durch Furchen getrennt sind (15, p. 1282). Diese Furchen sind die Ursachen der Körperstreifung vieler Infusorien. Später aber änderte er seine Ansicht und überzeugte sich, daß die Cilien in Grübchen der Oberfläche sitzen. Er machte mich darauf aufmerksam, daß gerade bei diesen unbeweglichen Paramaecien diese Anordnung gut zu studieren ist. Die Beobachtung an lebenden Infusorien spricht entschieden für die zweite Meinung. Die Körperstreifung rührt von den Wülsten, welche die Grübchen begrenzen resp. voneinander trennen, her.

Nur zweimal habe ich Konjugationen in den Kulturen beobachtet. Sprößlinge dieser Syzygien vermehrten sich am Ende ebenso schlecht wie die anderen, und Ende Mai waren dieselben ausgestorben. Degenerationserscheinungen im Nucleus konnte ich nicht nachweisen.

Beobachtungen an Paramaecium putrinum (*Claparède* und *Lachmann*).

Um den Vorgang der Konjugation zu untersuchen, kultivierte ich Paramaecium putrinum. Da ich zu voller Klarheit über diesen Vorgang bei dieser Art nicht kommen konnte, teile ich meine Resultate nicht mit. Ich will aber hier eine Beobachtung erwähnen, welche im Widerspruche mit der Meinung *Maupas*' zu stehen scheint.

Diese Beobachtung hat schon *Bütschli* in seinen Studien vom Jahre 1876 erwähnt (10, p. 270). Wie schon in der geschichtlichen Einleitung erwähnt wurde, stellte *Maupas* als Bedingung für die Konjugation der Infusorien ihre karyogamische Reife (maturité karyogamique) (13, p. 407) auf. Diese Reife trete erst ein, wenn eine gewisse bestimmte Zahl von Teilungen nach der letzten Konjugation abgelaufen ist. Diese Zahl von Teilungen, welche also die zur Konjugation reifen Tiere von ihrem aus der Konjugation hervorgegangenen Vorfahren trennt, glaubt *Maupas* für einige Arten, wie Leucophrys patula, Stylonychia pustulata, Stylonychia mytilus, Onychodromus grandis, feststellen zu können. Nun scheint es, daß diese maturité karyogamique bei Paramaecium putrinum schon nach sieben oder acht Teilungen eintritt, was fast soviel sagt, als sie ist immer vorhanden; in anderen Worten: kurze Zeit aus der Konjugation hervorgegangene, verjüngte Tiere haben ebenso, wie alle anderen, die Fähigkeit, sich zu konjugieren. Nahe Verwandtschaft konjugierender Tiere spielt bei dieser Art auch keine Rolle. Auch *Maupas* hat solche Konjugationen gesehen. Solche Konjugationen aber sollen nach ihm steril bleiben, d. h. zu keiner Verjüngung führen und — teilungsunfähig bleibend — bald zu Grunde gehen. Ich habe bei Paramaecium putrinum folgendes beobachtet: Ich isolierte ein Tier, welches eben aus der Konjugation hervorgegangen war. Schon am fünften Tage, als die Zahl der Tiere über 200 gestiegen war, fand ich zahlreiche Syzygien. Ich isolierte davon wieder eine Syzygie, wartete, bis die beiden Individuen sich getrennt hatten, und isolierte eines von beiden. Am fünften Tage hatte ich wieder eine Kultur mit zahlreichen Individuen, zwischen denen auch schon zahlreiche Konjugationen sich fanden. Ich wiederholte dasselbe Verfahren noch einigemal und immer mit dem gleichen Resultate.

Aus diesen Erfahrungen geht jedenfalls hervor, daß bei P. putrinum — wie schon *Bütschli* im Jahre 1876 beobachtete — die Zahl der Generationen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Konjugationen auffallend klein ist, und daß ferner die Nachkommen eines und desselben Individuums befähigt sind, mehrfach hintereinander völlig fruchtbare Konjugationen einzugehen. Die *Maupas*'sche Regel über die Unfruchtbarkeit der Konjugationen von Angehörigen derselben Generationsreihe kann daher nicht als allgemein gültig betrachtet werden, wenngleich die Möglichkeit vorliegt, daß sich auch bei P. putrinum nach längerer Fortpflanzung und öfterer Konjugation zwischen nahe verwandten Individuen allmählich Unfruchtbarkeit der-

artiger Konjugationen einstellt und sich das Bedürfnis nach Konjugation stärker verschiedener Individuen geltend macht. Die leichte Kultivierung dieser Art, sowie die interessanten Verhältnisse, welche sie darbietet, lassen sie für weitere Studien auf diesem Gebiete als besonders geeignet erscheinen.

Am Schlusse dieser Arbeit spreche ich Herrn Professor *O. Bütschli* meinen herzlichst empfundenen Dank aus für die Anregung zu derselben, sowie für seine freundliche Anleitung und Unterstützung bei ihrer Ausführung.

Außerdem sei an dieser Stelle auch noch Herrn Professor *Schuberg* für seine Mithülfe bestens gedankt.

Pleurotricha lanceolata. I.

Am 9. November 1894 wurden zwei Sprößlinge einer Syzygie von Pleurotricha lanceolata isoliert und zwei Kulturen (Ia u. Ib) angelegt:

Datum	Ia. Im Thermostat: Temperatur	Ia. Zahl der Individuen	Ia. Zahl der Teilungen	Ib. Im Hausflur: Temperatur	Ib. Zahl der Individuen	Ib. Zahl der Teilungen
1894:	°C.			°C.		
9. Nov.	20	1	0	13	1	0
10. „	21	2	1	12	1	0
11. „	22	5	2	14	2	1
12. „	21	12	3	14	1	—
13. „	23	20	4	15	4	2
	isoliert: 2					
14. „	21	4	5	15	9	3
15. „	22	10	6	17	30	4
				isoliert: 1		
16. „	24	21	7	16	4	6
17. „	23	27	—	15	8	7
18. „	23	40	8	15	15	8
	isoliert: 1					
19. „	21	4	10	15	20	—
20. „	21	17	12	15	26	—
				isoliert: 1		
21. „	22	27	—	14	1	—
22. „	20	27	—	14	2	9
23. „	—	27	—	14	5	10
25. „	—	27	—	14	8	11
26. „	22	20	—	13	9	—
27. „	22	23[1]	—	13	10	—
28. „	22	35	13	12	13	—
	isoliert: 1					
29. „	24	4	15	13	14	—
30. „	23	10	11	13	13	—
1. Dez.	—	20	17	—	13	—
2. „[2]	—	—	—	—	—	—
3. „	—	30	—	—	—	—
	isoliert: 1					

Datum	Ia. Im Thermostat: Temperatur	Ia. Zahl der Individuen	Ia. Zahl der Teilungen	Ib. Im Hausflur: Temperatur	Ib. Zahl der Individuen	Ib. Zahl der Teilungen
	°C.			°C.		
4. Dez.	—	2	18	12	13	—
5. „	—	—	—	12	13	—
6. „	—	26	21	12	13	—
7. „	20	40	22	12	16	12
	isoliert: 1					
8. „	20	4	24	11	23	—
				isoliert: 1		
9. „[3]	—	—	—	—	—	—
10. „[4]	20	28	26	—	1	—
11. „	—	—	—	10	2	13
12. „	20	23	—	10	2	—
13. „	20	24	—	10	4	14
14. „	20	28	—	14	8	15
15. „	20	40	27	15	16	16
	isoliert: 1					
16. „	20	8	30	14	16	—
17. „	20	16	31	14	16	—
18. „	22	20	—	14	15	—
19. „	—	24	—	—	19	—
20. „	19	28	—	14	21	—
	isoliert: 1					
21. „	—	2	32	—	23	—
22. „	17	4	33	12	26	—
23. „	21	14	34	11	26	—
24. „	20	16	—	10	27	—
25. „	20	17	—	10	27	17
				isoliert: 1		
26. „	20	18	—	10	1	—
	isoliert: 1					
27. „	20	4	36	10	1	—

[1] Größe der größeren Individuen 204 μ, der kleineren 115 μ.
[2] Nicht aufgeschrieben.
[3] Nicht aufgeschrieben.
[4] Muskelfasern unter den Objektträger gebracht.

Datum	Ia. Im Thermostat: Temperatur	Ia.: Zahl der Individuen	Ia.: Zahl der Teilungen	Ib. Im Hausflur: Temperatur	Ib.: Zahl der Individuen	Ib.: Zahl der Teilungen
	°C.			°C.		
28. Dez.	20	8	37	10	2	18
29. „	20	16	38	14	1	—
30. „	21	16	—	—	2	19
31. „	20	16	—	13	4	20
1895:						
1. Jan.[1]	—	—	—	—	—	—
2. „	20	30	39	12	10	21
3. „	isoliert: 2			—	10	—
4. „	20	2	—	13	10	—
5. „	22	4	40	13	10	—
6. „	23	4	—	15	10	—
7. „	23	6	—	11	10	—
				isoliert: 1		
8. „	23	8	41	14	1	—
9. „	23	16	42	15	2[2]	22
11. „	23	18	—	isoliert: 1		
	isoliert: 1			vom 7. I.		
12. „	—	8	45	—	1	—
13. „	22	30	47	15	2	22
	isoliert: 1					
14. „	—	—	—	15	2	—
15. „	22	4	49	15	2	—
16. „	25	16	51	17	10	24
17. „	23	45	52	16	19	—
	isoliert: 1			16	30	26
				isoliert: 1		
18. „	—	16	56	17	1	—
19. „	—	35	—	17	2	27
	isoliert: 2					
20. „	—	16	59	15	8	29
21. „	—	32	60	15	24	30
	isoliert: 1			isoliert: 2		
22. „	26	30	14	20	8	32
	isoliert: 1					
23. „	—	8	—	16	23	33
24. „	—	60	67	—	—	—
	isoliert: 1					

Datum	Ia. Im Thermostat: Temperatur	Ia.: Zahl der Individuen	Ia.: Zahl der Teilungen	Ib. Im Hausflur: Temperatur	Ib.: Zahl der Individuen	Ib.: Zahl der Teilungen
	°C.			°C.		
25. Jan.	—	8	70	—	50	34
				isoliert: 1		
26. „	—	30	72	15	2	35
	isoliert: 1					
27. „	19	8	75	15	4	36
28. „	19	15	77	15	8	37
	isoliert: 1					
29. „	20	4	71	14	16	38
30. „	21	31	82	14	30	39
	isoliert: 1			isoliert: 1		
31. „	20	16	86	15	2	40
	isoliert: 1					
1. Febr.	20	4	88	14	4	41
2. „	21	32	91	15	8	42
	isoliert: 1					
3. „	—	—	—	14	16	43
4. „	21	2	92	—	16	—
5. „	21	8	94	14	35	44
				isoliert: 1		
6. „	21	34	96	—	1	—
	isoliert: 1					
7. „	21	16	100	15	2	45
8. „	21	50	101	14	4[3]	46
	isoliert: 1			isoliert: 2 vom 5. II.		
9. „	21	4	103	15	2	—
10. „	21	15	105	—	2	—
	isoliert: 1					
11. „	21	—	—	—	—	—
12. „	23	16	109	16	4	45
13. „	23	65	111	12	5	—
	isoliert: 1					
14. „	22	16	115	—	14	46
				isoliert: 1		
15. „	—	65	117	—	1	—
	isoliert: 1					
16. „	22	16	121	15	2	47

[1] Nicht aufgeschrieben.
[2] Diese zwei verschwanden.
[3] Diese vier Tiere verschwanden.

Datum	Ia. Im Thermostat: Temperatur	Zahl der Individuen	Zahl der Teilungen	Ib. Im Hausflur: Temperatur	Zahl der Individuen	Zahl der Teilungen
	°C.			°C.		
17. Febr.	22	120	124	15	8	48
	isoliert: 1					
18. „	22	16	128	14	16	49
19. „	23	70	130	—	—	—
	isoliert: 1					
20. „	21	4	132	—	50	50
				isoliert: 1		
21. „	—	60	136	15	2	51
	isoliert: 1					
22. „	—	16	140	16	4	52
	isoliert: 1					
23. „	22	16	144	13	14	53
	isoliert: 1			isoliert: 1		
24. „	—	8	147	—	2	54
25. „	—	64	150	11	2	—
	isoliert: 1					
26. „	—	4	152	—	4	55
27. „	—	40	155	10	8	56
	isoliert: 1					
28. „	—	4	157	10	8	—
1. März	20	32	160	11	16	57
	isoliert: 1					
3. „	—	40	165	12	60	59
	isoliert: 1			isoliert: 1		
4. „	22	16	169	12	1	—
	isoliert: 1					
5. „	21	8	172	12	2	60
6. „	24	60	175	17	4	61
	isoliert: 1					
7. „	23	16	179	18	16	63
8. „	24	62	181	15	32	64
	isoliert: 1			isoliert: 1		
9. „	25	14	184	20	4	66
	isoliert: 1					
10. „	—	8	187	—	8	67
11. „	23	64	190	15	12	—
	isoliert: 1					
12. „	22	4	192	15	16	68
13. „	21	50	195	—	27	69
	isoliert: 1			isoliert: 1		

Datum	Ia. Im Thermostat: Temperatur	Zahl der Individuen	Zahl der Teilungen	Ib. Im Hausflur: Temperatur	Zahl der Individuen	Zahl der Teilungen
	°C.			°C.		
14. März	21	16	199	12	2	70
15. „	21	60	201	13	4	71
	isoliert: 1					
16. „	—	—	—	—	—	—
17. „	21	32	206	—	16	73
	isoliert: 1					
18. „	23	16	210	15	53	74
				isoliert: 1		
19. „	16	35	211	13	2	—
	isoliert: 1					
20. „	—	—	—	12	2	75
21. „	—	28	215	—	8	77
	isoliert: 1					
22. „	23	8	218	13	16	78
23. „	—	34	220	15	30	79
	isoliert: 1			isoliert: 1		
24. „	—	8	223	15	2	80
25. „	—	55	225	15	4	81
	isoliert: 1					
26. „	22	9	228	—	8	82
27. „	—	80	231	—	16	83
	isoliert: 1					
28. „	—	—	—	12	30	84
				isoliert: 1		
29. „	22	4	233	12	2	85
30. „	22	60	237	12	4	86
	isoliert: 1					
31. „	—	—	—	—	—	—
1. April	22	60	242	12	16	88
	isoliert: 1					
2. „	23	8	245	12	32	89
				isoliert: 1		
3. „	23	60	248	—	2	90
	isoliert: 1					
4. „	23	8	—	—	4	91
5. „	—	50	250	10	8	92
	isoliert: 1					
6. „	21	8	253	9	8	—
7. „	21	32	255	9	16	93
	isoliert: 1					

Datum	I a. Im Thermostat: Temperatur	I a. Im Thermostat: Zahl der Individuen	I a. Im Thermostat: Zahl der Teilungen	I b. Im Hausflur: Temperatur	I b. Im Hausflur: Zahl der Individuen	I b. Im Hausflur: Zahl der Teilungen
	°C.			°C.		
8. April	22	4	257	9	26	—
				isoliert: 1		
9. „	21	16	259	10	1	—
10. „	21	60	261	11	2	94
	isoliert: 1					
11. „	22	8	264	13	4	95
12. „	23	40	266	13	15	97
	isoliert: 1[1]			isoliert: 1		
13. „	isoliert: 1			12	2	98
15. „	20	16	270	—	8	100
	isoliert: 1					
16. „	21	4	272	12	16	101
	isoliert: 1			isoliert: 1		
17. „	22	8	275	13	2	102
18. „	24	40	277	15	8	104
	isoliert: 1					
19. „	18	4	279	13	16	105
20. „	22	32	282	—	32	106
	isoliert: 1			isoliert: 1		
21. „	22	8	285	16	2	107
22. „	23	32	287	15	7	109
	isoliert: 1					
23. „	20	4	289	14	16	110
24. „	21	27	292	15	27	111
	isoliert: 1			isoliert: 1		
25. „	22	8	295	—	—	—
26. „	21	40	297	16	22	115
	isoliert: 1			isoliert: 1		
27. „	21	8	300	16	2	116
28. „	20	32	302	16	8	118
	isoliert: 1					
29. „	21	8	305	16	30	120
30. „	21	30	307	16	50	—
	isoliert: 1			isoliert: 1		
1. Mai	21	4	309	16	2	121
2. „	21	16	311	15	8	123
3. „	19	26	—	15	15	124
	isoliert: 1					
4. „	20	4	313	15	32	125
				isoliert: 1		

Datum	I a. Im Thermostat: Temperatur	I a. Im Thermostat: Zahl der Individuen	I a. Im Thermostat: Zahl der Teilungen	I b. Im Hausflur: Temperatur	I b. Im Hausflur: Zahl der Individuen	I b. Im Hausflur: Zahl der Teilungen
	°C.			°C.		
5. Mai	20	16	315	15	1	—
6. „	22	60	317	18	8	128
	isoliert: 1					
7. „	22	4	319	18	28	129
				isoliert: 1		
8. „	20	20	321	18	4	131
	isoliert: 1					
9. „	21	2	322	18	8	132
10. „	23	16	325	20	40	134
				isoliert: 1		
11. „	21	45	326	21	2	135
	isoliert: 1					
12. „	21	4	328	21	8	137
13. „	21	30	331	20	30	139
	isoliert: 1			isoliert: 1		
14. „	21	4	333	21	2	140
	isoliert: 1					
15. „	20	—	—	20	8	142
16. „	—	2	334	15	32	144
				isoliert: 1		
17. „	21	8	336	13	2	145
18. „	22	25	337	13	4	146
19. „	21	30	338	12	8	147
	isoliert: 1					
20. „	20	8	341	15	16	148
21. „	19	16	342	16	32	149
				isoliert: 1		
22. „	20	30[2]	343	16	2	150
23. „	isoliert: 1					
23. „	—	—	—	16	4	151
24. „	20	2	344	16	16	153
25. „	20	4	345	16	23	—
				isoliert: 1		
26. „	19	16	347	16	2	154
27. „	—	28	—	18	4	155
	isoliert: 1					
28. „	20	2	348	18	15	157
30. „	20	8	350	18	15	—
31. „	20	9	—	18	16	—
	isoliert: 1			isoliert: 1		

[1] Verschwunden. [2] Länge des Tieres = 150—180 μ.

Datum	Ia. Im Thermostat: Temperatur °C.	Zahl der Individuen	Zahl der Teilungen	Ib. Im Hausflur: Temperatur °C.	Zahl der Individuen	Zahl der Teilungen
1. Juni	—	4	352	18	2	158
2. „	22	16	354	20	8	160
3. „	22	25	—	20	22	161
	isoliert: 1			isoliert: 1		
4. „	22	2	355	20	2	162
5. „	22	6	356	20	6	163
6. „	22	13	357	20	14	164
7. „	isoliert: 1			isoliert: 1		
8. „	32	8	360	20	2	165
9. „	21	30	362	20	12	167
	isoliert: 1			isoliert: 1		
10. „	22	2	363	—	—	—
11. „	—	24	366	21	3	168
	isoliert: 1					
12. „	21	2	367	21	8	170
13. „	21	8	369	19	16	171
15. „	19	30	371	—	16	—
	isoliert: 1			isoliert: 1		
16. „	18	2	372	—	—	—
17. „	20	8	374	17	2	172
19. „	22	20	375	20	20	175
	isoliert: 1			isoliert: 1		
20. „	23	4	377	—	4	—
21. „	22	8	378	—	8	—
	isoliert: 1					
22. „	—	—	—	21	20	179
				isoliert: 2		
24. „	22	7	381	21	16	182
25. „	20	13	—	20	28	183
				isoliert: 1		
26. „	20	16	382	20	2	184
27. „	20	16	—	20	8	186
	isoliert: 1					
28. „	21	2	383	21	20	187
29. „	—	—	—	21	30	188
				isoliert: 1		
30. „	21	8	385	—	1	—
1. Juli	24	16	386	24	2	189
	isoliert: 1					
2. „	—	—	—	24	8	191
3. „	22	4	388	25	24	192
				isoliert: 1		

Datum	Ia. Im Thermostat: Temperatur °C.	Zahl der Individuen	Zahl der Teilungen	Ib. Im Hausflur: Temperatur °C.	Zahl der Individuen	Zahl der Teilungen
4. Juli	21	16	390	21	2	193
5. „	21	45	391	21	16	196
	isoliert: 1					
6. „	21	4	393	21	40	197
				isoliert: 1		
8. „	21	60	397	21	16	201
	isoliert: 1					
9. „	—	4	399	21	45	202
				isoliert: 2		
10. „	21	32	402	21	12	204
	isoliert: 2					
11. „	21	8	404	21	32	206
				isoliert: 2		
13. „	—	60	407	—	50	210
	isoliert: 2			isoliert: 2		
15. „	—	8	409	—	30	214
	isoliert: 2			isoliert: 1		
16. „	22	6	410	—	7	216
18. „	—	32	413	—	40	218
	isoliert: 2			isoliert: 2		
19. „	22	6	414	22	8	220
20. „	21	15	418	21	14	221
21. „	21	40	419	21	50	222
	isoliert: 2			isoliert: 2		
23. „	21	25	422	21	8	226
				isoliert: 2		
24. „	21	10	424	21	32	228
	isoliert: 2					
26. „	—	30	428	—	30	230
	isoliert: 2			isoliert: 2		
28. „	—	40	432	—	40	234
	isoliert: 2			isoliert: 2		
29. „	—	6	433	—	8	236
31. „	—	24	435	—	30	238
				isoliert: 1		
1. Aug.	—	40	436	—	2	239
	isoliert: 2					
2. „	—	6	437	—	4	240
3. „	—	16	439	—	10	241

Datum	I a. Im Thermostat: Temperatur	I a. Im Thermostat: Zahl der Individuen	I a. Im Thermostat: Zahl der Teilungen	I b. Im Hausflur: Temperatur	I b. Im Hausflur: Zahl der Individuen	I b. Im Hausflur: Zahl der Teilungen
	°C.			°C.		
4. Aug.	—	32	440	—	25	242
	isoliert: 2			isoliert: 2		
5. "	19	8	442	19	2	—
6. "	19	16	443	19	4	241
7. "	19	35	444	19	8	242
	isoliert: 2					
9. "	—	—	—	—	16	243
10. "	—	30	448	—	16	—
	isoliert: 2					
11. "	—	1[1]	—	—	30	244
				isoliert: 1		
12. "	—	6	450	—	5	—
14. "	—	20	451	—	6	245
	isoliert: 4					
15. "	—	12	452	—	—	—
16. "	—	24	453	—	12	240
	isoliert: 3			isoliert: 1		

Datum	I a. Im Thermostat: Temperatur	I a. Im Thermostat: Zahl der Individuen	I a. Im Thermostat: Zahl der Teilungen	I b. Im Hausflur: Temperatur	I b. Im Hausflur: Zahl der Individuen	I b. Im Hausflur: Zahl der Teilungen
	°C			°C.		
18. Aug	—	6	454	—	2	247
19. "	—	10	—	—	4	248
20. "	21	20	455	—	5	—
	isoliert: 3					
21. "	—	—	—	—	10	249
22. "	21	7	456	—	20	250
23. "	22	12	457	—	20	—
24. "	22	17	458	—	27	—
				isoliert: 2		
	Die Kultur entwickelte sich in normaler Weise weiter.			Entwickelte sich schlecht; am 30. August waren alle Tiere zu Grunde gegangen.		

[1] Eins verschwunden.

Pleurotricha lanceolata. II.

Am 9. November 1894 wurden zwei Sprößlinge einer Syzygie von Pleurotricha lanceolata isoliert und zwei Kulturen (IIa u. IIb) angelegt:

Datum	II a. Im Thermostat: Temperatur	II a. Im Thermostat: Zahl der Individuen	II a. Im Thermostat: Zahl der Teilungen	II b. Im Hausflur: Temperatur	II b. Im Hausflur: Zahl der Individuen	II b. Im Hausflur: Zahl der Teilungen
	°C.			°C.		
9. Nov.	20	1	—	13	1	-
10. "	20	2	1	13	1	—
11. "	22	4	2	14	2	1
12. "	21	12	3	14	4	2
13. "	23	24	4	15	3	—
14. "	21	33	5	15	6	3

Datum	II a. Im Thermostat: Temperatur	II a. Im Thermostat: Zahl der Individuen	II a. Im Thermostat: Zahl der Teilungen	II b. Im Hausflur: Temperatur	II b. Im Hausflur: Zahl der Individuen	II b. Im Hausflur: Zahl der Teilungen
	°C.			°C.		
15. Nov.	22	45	—	17	16	4
	isoliert: 1					
16. "	24	11	8	16	30	5
17. "	23	22	9	16	50	—
				isoliert: 1		

Datum	IIa. Im Thermostat: Temperatur	IIa. Im Thermostat: Zahl der Individuen	IIa. Im Thermostat: Zahl der Teilungen	IIb. Im Hausflur: Temperatur	IIb. Im Hausflur: Zahl der Individuen	IIb. Im Hausflur: Zahl der Teilungen
	°C.			°C.		
18. Nov.	23	32	10	15	2	6
	isoliert: 2					
19. „	21	6	11	15	4	7
20. „	21	24	13	15	14	8
	isoliert: 1					
21. „	23	2	14	14	27	9
22. „	20	5	15	14	40	10
23. „	20	13	11	—	—	—
24. „	22	13	—	—	—	—
25. „	22	13[1]	—	isoliert: 1[2]		
26. „	22	13	—	13	2	11
27. „	22	14	—	13	4	12
28. „	21	17	17	13	8	13
29. „	24	34	18	13	16	14
	isoliert: 1					
30. „	23	4	20	13	26	—
				isoliert: 1		
1. Dez.	—	7	—	—	—	—
2. „	—	16	22	12	2	15
3. „	22	25	—	—	—	—
	isoliert: 1					
4 „	22	2	23	12	8	17
5. „	—	—	—	12	16	18
6. „	—	—	—	12	18	—
7. „	20	15	26	12	29	19
8 „	20	30	27	12	28	—
10. „	20	40	—	11	40	—
	isoliert: 2					
12. „	20	5	28	—	—	—
13. „	20	16	30	—	—	—
14. „	23	28	—	14	21	—
15. „	22	28	—	15	28	—
	isoliert: 1			isoliert: 1		
16. „	20	8	33	14	1	—
17. „	20	16	34	15	4	21
18. „	22	18	—	14	8	22
19. „	23	19	—	15	13	—
20 „	19	24	—	14	14	—
	isoliert: 1			isoliert: 1		

Datum	IIa. Im Thermostat: Temperatur	IIa. Im Thermostat: Zahl der Individuen	IIa. Im Thermostat: Zahl der Teilungen	IIb. Im Hausflur: Temperatur	IIb. Im Hausflur: Zahl der Individuen	IIb. Im Hausflur: Zahl der Teilungen
	°C.			°C.		
22. Dez.	17	4	36	—	1	—
23. „	21	17	38	11	2	23
24. „	20	32	39	10	3	—
25. „	20	40	—	10	4	24
	isoliert: 1					
26. „	—	1	—	10	8	25
27. „	20	8	42	10	16	26
28. „	20	10	—	10	21	—
29. „	20	10	—	14	20	—(*)
				isoliert: 1		
30. „	—	12	—	14	1	—
31. „	20	12	—	13	2	27
1895:						
2. Jan.	20	21	43	12	4	28
3. „	—	—	—	—	4	—
	isoliert: 1					
4. „	—	—	—	—	4	—
5. „	22	4	45	13	4	—
6 „	23	11	46	13	2[3]	—
7. „	23	24	—	16	1[4]	—
8. „	23	30	—	14	1	—
9. „	21	2	—	15	1[5]	—
10. „	21	3	—	Aus voriger Kultur (*) isoliert wieder:		
11. „	22	18	49	—	1	—
12. „	—	30	50	—	1	—
	isoliert: 1					
13. „	—	—	—	—	2	27
15. „	22	4	52	15	4	28
16. „	25	18	54	17	16	30
17. „	25	40	55	16	31	31
	isoliert: 1					
18. „	—	8	58	—	31	—
				isoliert: 1		
19. „	—	35	60	17	2	32
	isoliert: 1					
20. „	—	16	64	15	8	34

[1] Länge = 177 μ. [2] Länge = 200 μ. [3] und 2 Cysten. [4] und 3 Cysten. [5] sehr klein.

Datum	IIa. Im Thermostat: Temperatur	Zahl der Individuen	Zahl der Teilungen	IIb. Im Hausflur: Temperatur	Zahl der Individuen	Zahl der Teilungen
	°C.			°C.		
21. Jan.	—	50	65	15	30	36
	isoliert: 1			isoliert: 1		
22. „	26	4	67	20	2	37
23. „	22	16	69	—	4	38
24. „	—	32	70	16	6	—
	isoliert: 1					
25. „	—	8	73	—	8	39
26. „	—	32	75	15	13	—
	isoliert: 1					
27. „	—	8	78	15	15	40
				isoliert: 1		
29. „	20	60	81	14	2	41
30. „	20	70	—	15	3	—
	isoliert: 1					
31. „	—	16	85	15	6	42
1. Febr.	20	60	87	14	12	43
	isoliert: 1					
2. „	21	4	89	15	12	—
3. „	—	40	92	14	24	44
	isoliert: 1			isoliert: 1		
4. „	21	8	95	14	2	45
5. „	21	40	97	—	4	46
	isoliert: 1					
6. „	21	2	98	14	4	—
7. „	—	40	102	15	11	47
	isoliert: 1					
8. „	21	8	105	14	17	48
9. „	21	12	—	—	26	—
				isoliert: 1		
10. „	—	50	107	—	2	49
	isoliert: 1					
11. „	—	—	—	—	2	—
12. „	19	8	110	10	8	—
13. „	—	50	212	—	8	51
	isoliert: 1					
14. „	—	15	116	15	32	53
	isoliert: 1			isoliert: 1		
15. „	—	5	118	15	1	—
16. „	—	60	122	15	2	54
	isoliert: 1					
17. „	22	10	125	15	4	55

Datum	IIa. Im Thermostat: Temperatur	Zahl der Individuen	Zahl der Teilungen	IIb. Im Hausflur: Temperatur	Zahl der Individuen	Zahl der Teilungen
	°C.			°C.		
18. Febr.	22	70	128	14	8	56
	isoliert: 1					
19. „	23	8	131	—	32	58
				isoliert: 1		
20. „	—	60	134	—	—	—
	isoliert: 1					
21. „	21	8	137	15	2	59
22. „	—	70	140	16	4	60
	isoliert: 1					
23. „	22	8	143		16	62
				isoliert: 1		
24. „	—	50	145	—	2	63
	isoliert: 1					
25. „	—	8	148	11	4	—
26. „	—	45	150	—	4	—
	isoliert: 1					
27. „	20	8	153	—	8	65
28. „	—	60	156	10	16	66
	isoliert: 1					
1. März	20	8	159	10	30	67
				isoliert: 1		
3. „	21	50	161	12	2	68
	isoliert: 1					
4. „	22	8	164	12	4	69
5. „	—	60	167	19	8	70
	isoliert: 1					
6. „	24	8	170	17	20	71
7. „	25	62	173	18	56	72
	isoliert: 1			isoliert: 1		
8. „	24	8	176	15	1	—
9. „	25	64	179	20	4	74
	isoliert: 1					
10. „	18	4	181	—	8	75
				isoliert: 1		
11. „	—	60	185	—	2	76
	isoliert: 1					
12. „	—	8	188	13	4	77
13. „	21	50	190	—	16	79
	isoliert: 1					
14. „	21	16	194	12	23	—

	IIa.			IIb.		
	Im Thermostat			Im Hausflur		
Datum	Temperatur	Zahl der Individuen	Zahl der Teilungen	Temperatur	Zahl der Individuen	Zahl der Teilungen
	°C.			°C.		
15. März	21	70	196	17	10	—
	isoliert: 1					
17. „	—	30	201	17	34	80
	isoliert: 1			isoliert: 1		
18. „	23	16	205	15	2	81
	isoliert: 1					
19. „	16	4	207	—	4	82
20. „	20	32	210	12	8	83
	isoliert: 1					
21. „	—	8	213	—	16	84
22. „	—	37	215	17	32	85
	isoliert: 1			isoliert: 1		
23. „	23	8	218	15	2	86
24. „	24	40	220	—	4	87
	isoliert: 1					
25. „	—	—	—	—	16	89
26. „	22	50	225	—	32	90
	isoliert: 1			isoliert: 1		
27. „	22	8	228	—	2	91
28. „	—	55	230	12	4	92
	isoliert: 1					
29. „	22	8	233	12	8	93
30. „	22	70	236	12	16	94
	isoliert: 1					
31. „	—	—	—	12	—	—
1. April	22	50	241	12	32	95
	isoliert: 1			isoliert: 1		
2. „	23	8	244	12	2	96
3. „	23	64	247	12	4	97
	isoliert: 1					
4. „	23	8	250	—	8	98
5. „	—	40	252	10	14	—
	isoliert: 1					
6. „	21	4	254	9	16	99
7. „	21	32	257	9	20	—
	isoliert: 1					
8. „	22	12	260	9	30	100
				isoliert: 1		
9. „	21	30	262	10	1	—
	isoliert: 1					

	IIa.			IIb.		
	Im Thermostat			Im Hausflur		
Datum	Temperatur	Zahl der Individuen	Zahl der Teilungen	Temperatur	Zahl der Individuen	Zahl der Teilungen
	°C.			°C.		
10. April	21	8	265	11	2	101
11. „	22	60	268	13	4	102
	isoliert: 1					
12. „	23	8	271	13	8	103
13. „	—	64	274	12	16	104
	isoliert: 1			isoliert: 1		
15. „	20	16	278	—	2	105
	isoliert: 1					
16. „	21	8	281	12	8	107
	isoliert: 1					
17. „	22	8	284	13	8	—
18. „	24	40	286	15	16	108
	isoliert: 1			isoliert: 1		
19. „	18	4	288	17	2	109
20. „	21	20	290	15	7	110
	isoliert: 1					
21. „	22	8	293	16	13	111
22. „	23	32	395	15	27	112
	isoliert: 1			isoliert: 1		
23. „	20	6	297	—	—	—
24. „	21	32	300	16	4	114
	isoliert: 1					
25. „	22	8	303	—	—	—
26. „	21	30	305	16	30	117
	isoliert: 1			isoliert: 1		
27. „	21	8	308	16	2	118
28. „	20	16	300	16	4	119
	isoliert: 1					
29. „	21	8	312	16	16	121
30. „	21	30	214	16	32	122
	isoliert: 1			isoliert: 1		
1. Mai	21	4	316	—	—	—
2. „	21	16	318	15	4	124
3. „	19	27	—	15	12	125
	isoliert: 1					
4. „	20	2	319	15	30	127
				isoliert: 1		
5. „	20	8	321	—	—	—
6. „	22	50	323	18	8	130
	isoliert: 1					

Datum	IIa. Im Thermostat: Temperatur	IIa. Im Thermostat: Zahl der Individuen	IIa. Im Thermostat: Zahl der Teilungen	IIb. Im Hausflur: Temperatur	IIb. Im Hausflur: Zahl der Individuen	IIb. Im Hausflur: Zahl der Teilungen
	°C.			°C.		
7. Mai	22	3	324	18	16	131
8. „	20	16	327	18	40	132
				isoliert: 1		
9. „	21	47	328	18	1	—
	isoliert: 1					
10. „	23	6	330	20	4	134
11. „	21	27	332	20	14	135
	isoliert: 1					
12. „	21	4	334	—	25	136
13. „	21	16	336	—	60	138
				isoliert: 1		
14. „	21	32	337	21	2	139
	isoliert: 1					
15. „	20	4	339	20	8	141
16. „	17	8	340	15	16	142
17. „	21	20	341	15	30	143
	isoliert: 1			isoliert: 1		
18. „	22	4	343	15	1	145
19. „	21	12	344	13	2	146
	isoliert: 1					
20. „	20	4	346	15	4	147
21. „	19	16	348	16	8	148
22. „	20	30	349	—	—	—
	isoliert: 1					
23. „	—	—	—	16	16	149
24. „	20	2	350	—	24	—
				isoliert: 1		
25. „	20	4[1]	351	—	1	—
26. „	19	10	352	16	2	150
27. „	19	25	353	18	4	151
	isoliert: 1					
28. „	20	2	354	18	7	—
30. „	20	12	356	18	8	152
31. „	20	16	357	18	8	—
	isoliert: 1			isoliert: 1		
1. Juni	—	3	358	18	2	153
2. „	22	15	361	20	8	155
3. „	22	23	—	20	16	156
	isoliert: 1			isoliert: 1		
4. „	22	1	—	—	—	—

Datum	IIa. Im Thermostat: Temperatur	IIa. Im Thermostat: Zahl der Individuen	IIa. Im Thermostat: Zahl der Teilungen	IIb. Im Hausflur: Temperatur	IIb. Im Hausflur: Zahl der Individuen	IIb. Im Hausflur: Zahl der Teilungen
	°C.			°C.		
5. Juni	22	6	363	20	2	157
6. „	22	24	365	20	2	—
	isoliert: 1					
7. „	—	—	—	20	8	159
8. „	22	2	366	20	12	—
				isoliert: 1		
9. „	21	16	369	—	—	—
11. „	22	40	370	21	8	162
	isoliert: 1					
12. „	21	2	371	21	16	163
13. „	21	4	372	19	16	—
14. „	—	—	—	18	32	164
				isoliert: 1		
15. „	19	30	375	—	—	—
	isoliert: 1					
16. „	18	2	376	18	5	166
17. „	20	7	377	17	13	167
19. „	—	30	380	20	30	169
	isoliert: 1			isoliert: 1		
20. „	23	4	382	20	4	171
21. „	21	8	383	20	8	172
22. „	20	12	—	20	16	173
	isoliert: 1					
24. „	22	10	386	21	50	174
				isoliert: 1		
25. „	20	30	388	—	—	—
	isoliert: 1					
26. „	20	2	389	20	8	177
27. „	—	—	—	20	13	—
28. „	21	8	391	21	30	179
				isoliert: 1[2]		
30. „	21	30	393	isoliert: 1[3]		
1. Juli	24	36	—	isoliert: 2 vom 28. IV.		
	isoliert: 2					
2. „	—	4	394	—	2	—
3. „	22	11	395	22	8	181
4. „	21	24	396	21	16	182
	isoliert: 2					
5. „	21	8	398	—	60	184
	isoliert: 2			isoliert: 2		

[1] Länge = 170 bis 180 μ. [2] verschwunden. [3] verschwunden.

Datum	IIa. Im Thermostat: Temperatur	IIa. Im Thermostat: Zahl der Individuen	IIa. Im Thermostat: Zahl der Teilungen	IIb. Im Hausflur: Temperatur	IIb. Im Hausflur: Zahl der Individuen	IIb. Im Hausflur: Zahl der Teilungen
	°C.			°C.		
6. Juli	—	30	402	—	6	185
	isoliert: 1					
8. „	21	16	406	21	25	187
9. „	21	40	407	21	35	188
	isoliert: 2			isoliert: 2		
10. „	21	10	409	21	4	189
11. „	21	30	411	21	16	191
	isoliert: 2					
13. „	—	20	414	—	70	193
	isoliert: 2			isoliert: 2		
15. „	20	22	417	—	16	196
	isoliert: 2					
16. „	20	6	418	—	32	197
				isoliert: 2		
18. „	22	35	421	—	14	199
	isoliert: 2					
19. „	22	5	422	22	20	200
				isoliert: 2		
20. „	21	12	423	21	8	202
21. „	21	35	425	21	40	204
	isoliert: 2			isoliert: 2		
23. „	21	16	428	—	—	—
24. „	21	32	429	21	4	205
	isoliert: 2					
26. „	—	16	432	—	30	208
				isoliert: 2		

Datum	IIa. Im Thermostat: Temperatur	IIa. Im Thermostat: Zahl der Individuen	IIa. Im Thermostat: Zahl der Teilungen	IIb. Im Hausflur: Temperatur	IIb. Im Hausflur: Zahl der Individuen	IIb. Im Hausflur: Zahl der Teilungen
	°C.			°C.		
28. Juli	—	40	433	—	30	212
	isoliert: 2			isoliert: 2		
29. „		6	434	—	8	214
31. „		30	437	—	—	
	isoliert: 1					—
1. Aug.	—	4	439	—	35	216
				isoliert: 2		
2. „	—	8	440	—	2	—
3. „	—	16	441	—	8	218
4. „	—	32	442	—	16	219
	isoliert: 2					
5. „	—	2	—	—	30	220
				isoliert: 2		
6. „	—	2	—	—	3	—
7. „	—	2	—	—	6	—
	Die Kultur entwickelt sich sehr schlecht weiter und am 28. August sind alle Tiere zu Grunde gegangen.			Die Kultur entwickelt sich weiter, aber die Tiere vermehren sich schlecht und sind klein.		

Verzeichnis der benützten Litteratur.

1. *Ehrenberg:* Die Infusionstiere als vollkommene Organismen. Leipzig 1838.
2. *Stein:* Der Organismus der Infusionstiere, Bd. I, Leipzig 1859.
3. — Der Organismus der Infusionstiere, Bd. II, Leipzig 1867.
4. *Balbiani:* Note relative a l'existence d'une génération sexuelle chez les infusoires. In: Journ. de la physiol., T. I, 1858.
5. — Recherches sur les organes générateurs et la reproduction des infusoires dits Polygastriques. In: Compt. rend. acad. sc., Paris, T. 47, 1858.
6. — Observations et expériences sur les phénomènes de reproduction fissipare chez les infusoires ciliés. In: Compt. rend. acad. sc., Paris, T. 47, 1860.
7. — Recherches sur les phénomènes sexuels des infusoires. In: Journ. de la physiol., Paris, T. IV, 1861.
8. *Bütschli:* Einiges über Infusorien. In: Arch. f. mikrosk. Anat., Bd. IX, 1873, p. 657.
9. — Vorläufige Mitteilung einiger Resultate von Studien über die Konjugation der Infusorien und die Zellteilung. In: Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. XXV, 1875, p. 426.
10. — Studien über die ersten Entwickelungsvorgänge der Eizelle, die Zellteilung und die Konjugation der Infusorien. In: Abhandl. Senkenberg. naturf. Gesellsch. Frankfurt a. M., Bd. X, 1876, p. 213.
11. *Engelmann:* Über Entwickelung und Fortpflanzung von Infusorien. In: Morphol. Jahrb., Bd. I, 1876, p. 573, 584.
12. *Maupas:* Sur la multiplication des infusoires ciliés. In: Arch. Zool. expér. et génér., 2. Sér., T. 6, 1888, p. 165.
13. — Le rajeunissement karyogamique chez les ciliés. In: Arch. Zool. expér. et génér., 2. Sér., T. 7, 1889, p. 149.
14. *Hertwig, R.:* Über die Konjugation der Infusorien. In: Abhandl. math.-phys. Kl. Königl. Bayer. Akad. d. Wiss., Bd. XVIII, 1889, p. 153.
15. *Bütschli:* Bronn's Klassen und Ordnungen des Tierreichs, Bd. I, Protozoa, III. Abteilung: Infusoria. Leipzig 1887—89.

Untersuchung von Tierresten aus dem Gräberfelde der jüngeren Steinzeit bei Worms und aus einer der gleichen Periode angehörigen Mardelle bei Schwabsburg in Rheinhessen.[1])

Von O. Schœtensack.

Durch den Altertumsverein in Worms wurden im Jahre 1895 auf der Rheingewann daselbst 69 Flachgräber aus neolithischer Zeit systematisch untersucht. Einen ausführlichen Fundbericht darüber veröffentlichte Hr. Dr. med. *C. Köhl* in der Broschüre «Neue prähistorische Funde aus Worms und Umgebung». Unter zahlreichen Beigaben von Thongefäßen, Steingeräten und primitiven Schmuckgegenständen befand sich auch eine Anzahl von Tierknochen, welche den Rest der den Toten in Töpfen mitgegebenen Speisen darstellen. Der Vorstand des besagten Altertumsvereins hatte die Freundlichkeit, mir diese zur näheren Untersuchung anzuvertrauen.

Ein großer Teil der Tierknochen war zu fragmentarisch, um überhaupt noch eine Bestimmung zu gestatten, ein anderer Teil bot aber noch genügende Anhaltspunkte, um an der Hand eines ausreichenden Vergleichsmaterials solche zu ermöglichen. Dieses fand ich im naturhistorischen Museum in Bern vor, wo Hr. Prof. *Th. Studer* in liebenswürdigster Weise mir bei der Bestimmung zur Hand ging, wofür ich ihm hiermit verbindlichsten Dank ausspreche.

Die Kenntnis der Fauna zur neolithischen Zeit stützt sich für das südliche Deutschland wesentlich auf die von *L. Rütimeyer* (Basel 1861) und *Th. Studer* (Mitt. d. naturf. Ges. in Bern 1880, 1882, 1883 und 1893) ausgeführten Untersuchungen über die Fauna der Pfahlbauten in der Schweiz und die von letztgenanntem Forscher beschriebenen Tierreste aus den Ablagerungen des Schweizerbildes bei Schaffhausen (Zürich 1896). Auch die Pfahlbauten im Starnberger See (*Edm. Naumann* im Archiv f. Anthropologie 1875) ergaben ein

---

[1]) Ein Teil dieser Abhandlung ist schon in den Verhandlungen der Berliner anthropologischen Gesellschaft (Sitzung vom 16. Oktober 1897) veröffentlicht.

reichliches Material von Tierresten aus der jüngeren Steinzeit, doch finden sich hier auch spätere Perioden vertreten, welcher Umstand die Chronologie erschwert.

Da das Gräberfeld der Rheingewann von Worms das erste größeren Umfanges aus neolithischer Zeit ist, welches in unserer Gegend systematisch ausgebeutet wurde, so bietet sich auch zum erstenmal die Gelegenheit, einen Blick in das Kulturleben dieser Bevölkerung des Mittelrheins im Hinblick auf die sie umgebende Tierwelt zu thun. Um einen solchen zu ermöglichen, wollen wir das uns überlieferte osteologische Material zunächst ausführlich beschreiben.

Was das Aussehen und den Erhaltungszustand der Tier-(und Menschen-)knochen anbelangt, so haben sie alle die gleiche kalkigweißliche Farbe. Schneidet man sie mit einem Messer an, so glaubt man einen ziemlich weichen Kalkstein vor sich zu haben. Die kompakte und spongiöse Substanz verhalten sich hierin ziemlich gleichmäßig. In verdünnter Salzsäure löst sich der Knochen unter beständiger lebhafter Kohlensäureentwickelung bis auf einen sehr geringen Rest von Ossein. Phosphorsäure ist nur in Spuren nachweisbar. Die Phosphate scheinen demnach in der Hauptsache durch Calciumkarbonat ersetzt zu sein, womit auch die ursprünglich vorhandenen oder durch Verwesung entstandenen Hohlräume angefüllt sind.

Es sind folgende Tiere vertreten:

Aus Grab Nr. 47: Bos primigenius Boj. (Urstier).

Gelenkende des rechten Schulterblattes. Die Fossa glenoidalis und der Proc. coracoides sind noch erhalten. Die Maße in Millimetern sind folgende:

	Worms	Moosseedorf	Font
Höhe der Gelenkfläche	83	80	80
Querdurchmesser der Gelenkfläche .	69	66	70
Durchmesser des Halses	83	84	84.

Die beigefügten Dimensionen von zwei Schulterblättern des Urstieres, mit denen das vorliegende in der Form sonst völlig übereinstimmt, aus neolithischen Pfahlbauten ergeben, daß die Wormser Scapula von einem recht stattlichen Ur herrührt.

Aus Grab Nr. 61: Bos primigenius (juv.) Boj.

Das in zwei Hälften gespaltene, alte Bruchflächen aufweisende Gelenkende des rechten Schulterblattes eines jungen Urstieres. Der Coracoidfortsatz ist abgeschlagen, dagegen das untere Ende der Spina scapulae noch erhalten. Die Höhe der Fossa glenoidalis dürfte

zwischen 70—75 mm betragen haben (genau ist sie nicht mehr festzustellen), der Querdurchschnitt mißt 62 mm.

Aus Grab Nr. 43: Bos taurus brachyceros Rütim. (Torfrind).

Rechte, etwa 210 mm lange Tibia eines jungen Rindes, das nach der Größe und der Schlankheit des Knochens in den Rahmen der Brachyceros-Rasse paßt. Die obere Epiphyse ist abgebrochen, die untere an der Verwachsungsstelle abgelöst. Querdurchmesser der Diaphyse in der Mitte 31,5 mm. Dem Aussehen und Erhaltungszustande nach gehören dazu ein noch leidlich erhaltener Calcaneus, sowie mehrere fragmentarische Knochenstücke aus demselben Grabe.

Aus Grab Nr. 65: Ovis aries L.?

Tibia, an der das distale Ende fehlt, von einem kleinen Wiederkäuer, wahrscheinlich einem Schafe kleiner Rasse. Im selben Grabe ferner Fragment der Diaphyse eines dünnen Röhrenknochens, wohl auch Tibia vom Schafe.

Aus Grab Nr. 59: Ovis aries L.?

Metatarsus, 111 mm lang, von einem jungen Schafe kleiner Rasse. Die Gelenkflächen fehlen. Querdurchmesser der Diaphyse 12 mm. Die Erde, die noch an dem Knochen haftete, ist stark mit Asche gemischt.

Aus Grab Nr. 58 und 60: Knochenfragmente, die wahrscheinlich auch vom Schafe herrühren, die Bruchstücke aus Nr. 60 noch als Humerus und Radius erkennbar.

Aus Grab Nr. 38: Cervus elaphus L.

Sieben Eckzähne von zum Teil sehr stattlichen Hirschen. Die Zähne sind durchbohrt und als Anhängsel verwendet.

Aus Grab Nr. 4: Canis familiaris L.

a) Proximale Hälfte einer Ulna mit abgebrochenem Gelenkende.

b) Proximale Hälfte eines Radius mit abgebrochenem Kopfe.

c) Oberer Teil der Diaphyse eines Radius.

Die Dimensionen der Knochen lassen auf einen mittelgroßen Hund in Größe eines kleineren Schäferhundes schließen.

Neben dem Edelhirsch, dessen Eckzähne einem Nimrod als Trophäe mit ins Grab gegeben wurden (die Sitte, die ausgebrochenen «Hirschhaken» als Breloques zu tragen, findet sich noch heute bei unseren Jägern), treffen wir den schon zur Diluvialzeit über ganz Europa verbreiteten und bei uns wahrscheinlich noch zur historischen Zeit (ûr des Nibelungen-Liedes) heimischen Bos primigenius in zwei Individuen, wovon das ältere eine sehr beträchtliche Größe auf-

weist. Beide sind als wild lebende Tiere aufzufassen. *Rütimeyer* (Archiv f. Anthr. 1866, S. 238) fand unter Resten aus einem neolithischen Knochenlager am Warteberg in Hessen, worüber Prof. *Claudius* und *R. Müller* Nachricht gegeben hatten (Marburg 1861), auch die gezähmte Primigenius-Rasse vor.

War zum Leichenschmause ein Wild, wie der Ur, nicht zu beschaffen, so schlachtete man ein Hausrind. Von einem solchen rühren offenbar die im Grabe Nr. 43 aufgefundenen Knochen her. Die kleine und in der Schlankheit an die des Hirsches erinnernde Tibia gestattet, mit Rücksicht darauf, daß auch in der oben erwähnten neolithischen Mardelle das Torfrind vorkommt, es der Brachyceros-Rasse zuzuteilen, die im Steinalter der Pfahlbauten allgemein und in deren ältesten Ansiedlungen schon überwiegend vertreten war. Sie wird bekanntlich mit den Bergschlägen der Schweiz, dem kleinen und kurzhörnigen Braunvieh der centralen und östlichen Alpen, das auch an vielen Orten Deutschlands reichlich vertreten ist und das am reinsten vielleicht noch in Nordafrika (Algier) vorhanden ist, zusammengestellt.

Dazu kommt dann das Schaf (bezw. Ziege?), das in mehreren Gräbern nachgewiesen ist[1]). Wie bekannt, sind einzelne Skelettteile dieses Tieres von denjenigen der Ziege sehr schwer zu unterscheiden. Auch in den Pfahlbauten der Schweiz erscheint neben der Ziege im Steinalter zuerst ein kleines ziegenhörniges Schaf mit sehr dünnen, schlanken und dabei ziemlich hohen Extremitäten, und dann erst später, wahrscheinlich mit der zunehmenden Fertigkeit in Zubereitung der Wolle, eine größere krummhörnige Rasse.

Die Anwesenheit des gezähmten Rindes, sowie des Schafes bezw. der Ziege läßt uns erkennen, daß die steinzeitlichen Bewohner des Mittelrheins bereits Viehzucht trieben und also wohl zur bodenständigen Ackerbevölkerung zu rechnen sind. Hierauf weist auch schon das große Gräberfeld hin, das 69 Skelette aufweist, während dasjenige bei Monsheim, 11 km westlich von Worms, nach der Schätzung *Lindenschmits* (Zeitschr. d. Vereins zur Erforschung d. Rheinischen Gesch. u. Altert., Mainz 1868) sogar über 200 Tote enthielt. Dafür spricht auch der Umstand, daß in der Mardelle bei Schwabsburg ein Thonstück gefunden wurde, welches die Abdrücke

[1]) Auch in einem neolithischen Grabe von Wachenheim bei Worms fand sich der 95 mm lange Metacarpus eines jungen Schafes bezw. einer Ziege kleiner Rasse: Querdurchmesser der Diaphyse 12 mm. Die Gelenkflächen sind verletzt. Der Knochen befindet sich ebenfalls im Paulus-Museum in Worms.

von Holzstäben zeigt und der Wand einer Hütte angehört zu haben scheint. Wir haben uns da wohl das Verhältnis niederer Ackerbauer zu denken, das, wie *Ed. Hahn* (Versuche einer Theorie der Entstehung unseres Ackerbaus, Lübeck 1896) gezeigt hat, auf dem Hackbau beruht und noch jetzt in einigen Teilen von Amerika, dem transsaharanischen Afrika und dem Malayen-Archipel ausgeübt wird und, wie es scheint, als ursprüngliche Art der Bodenbestellung bei den meisten Völkern bestand, ehe sie mit dem Pfluge bekannt wurden. Auf einen solchen Hackbau scheinen auch, worauf schon von anderer Seite aufmerksam gemacht wurde, die in den Wormser Gräbern aufgefundenen langen Steinmeißel hinzuweisen.

In einem eigentümlichen Lichte, verglichen mit dem bisher über die Beigaben Berichteten, erscheint die Thatsache, daß in einem Falle auch Teile eines Hundes als Speise mit ins Grab gegeben wurden. Von einem Individuum, das mit seinem Herrn begraben wurde, können die Reste nicht herrühren, da bei dem Erhaltungszustande des gesamten osteologischen Materials sonst viel mehr, vor allem einige Zähne des Hundes erhalten sein müßten; zudem sind laut der Zusammenstellung des Hrn. *C. Köhl* a. a. O., S. 43, Nr. 4 diese Knochen in einem Gefäß aufgefunden. Es kann also wohl kaum einem Zweifel unterliegen, daß der Hund, wie die übrigen Tiere, beim Leichenschmause verspeist und Stücke davon dem Toten mitgegeben wurden.

In den steinzeitlichen Pfahlbauten der Schweiz kommen nach *Rütimeyer* (a. a. O., S. 117) und *Th. Studer* (Archiv f. Anthropologie 1880, S. 74) fast nur Schädel von alten oder ganz jungen Hunden vor, solche mittleren Alters fehlen. Sie zeigen fast alle Spuren gewaltsamer Todesart, eingeschlagene Stirnbeine u. s. w., woraus letztgenannter Forscher den Schluß zieht, daß nicht der ganze Wurf des Hundes, sondern nur ein ausgewählter Teil desselben aufgezogen wurde; die übrigen wurden, ebenso wie die alt und unbrauchbar gewordenen, getötet. *Rütimeyer* erwähnt ausdrücklich, daß die übrigen Teile des Skeletts von Hunden sich ungleich häufiger unverletzt vorfanden als diejenigen des Fuchses. Daraus darf man wohl folgern, daß, während letzteres Tier, das auch weit häufiger als der Haushund in den steinzeitlichen Pfahlbauten der Schweiz vorkommt, wie alles erlegte Wild verzehrt wurde, hinsichtlich des Canis familiaris bei den See-Anwohnern eine andere Praxis ausgeübt wurde, die schon dem intimeren Verhältnisse dieses Tieres zu seinem Herrn Rechnung trug. Ziehen wir aber in Betracht, daß z. B. bei den Südsee-Insulanern, sowie auch im nördlichen Afrika von Sfax bis zur Cyrenaïka

und teilweise auch im westlichen Sudan (vergl. L'Anthropologie 1897, p. 742) der Hund zur Nahrung verwendet wird, so dürfen wir uns auch nicht so sehr wundern, ihn auf der Speiseliste des neolithischen Bewohners der Rheingewann von Worms zu finden. So erscheint er denn auch unter den Beigaben des Toten.

Vorstehende Resultate werden noch vervollständigt durch das im Besitz des römisch-germanischen Museums in Mainz befindliche Material aus einer Trichtergrube (Mardelle) bei Schwabsburg in Rheinhessen, das mir zur Untersuchung übergeben wurde und das auf Grund der mitgefundenen Thongefäßscherben ebenfalls der jüngeren Steinzeit zuzuteilen ist.

Die zum Teil absichtlich zerschlagenen Knochen zeigen einen guten Erhaltungszustand. Die kompakte Substanz weist noch eine bedeutende Härte auf und die spongiöse läßt noch deutlich die Struktur erkennen. Beim Beklopfen mit einem harten Gegenstande klingen die Knochen ziemlich hell. Sie haben eine hellgelbe ins rötliche spielende Farbe (etwa Radde 4 u). Bei der Auflösung in Salzsäure bleibt eine zusammenhängende Masse von Ossein zurück. Bei der Behandlung der salpetersauren Lösung mit dem bekannten Reagens auf Phosphorsäure zeigt sich ein reichlicher Niederschlag von phosphormolybdänsaurem Ammonium.

Folgende Tiere konnten festgestellt werden:

Equus caballus L. (Wildpferd).

Rechter Metacarpus (volle Länge 212 mm, größter Querdurchmesser der Diaphyse 31 mm). Die Gelenkflächen sind noch gut erhalten. Von den Griffelbeinen ist nur noch das distale Ende des linken (Metacarpus II) vorhanden. — In den kleinen Dimensionen gleicht der Metacarpus demjenigen des Wildpferdes aus dem Diluvium von Schweizersbild, Thayingen und Solutré, am meisten dem erstgenannten, ist aber doch etwas schlanker. Eine größere Übereinstimmung herrscht noch mit dem von *Jeitteles* (Die vorgeschichtlichen Altertümer der Stadt Olmütz und ihrer Umgebung in den Mitt. d. anthrop. Ges. in Wien 1872, S. 90 ff.) beschriebenen Pferd von Olmütz und demjenigen aus der neolithischen Schicht von Schweizersbild. Dagegen weicht das Mardellenpferd gänzlich ab von der schlanken Form des Pferdes aus den Pfahlbauten der Bronzezeit (Möhringen, Roseninsel u. s. w.).

Sus scrofa palustris Rütim. (Torfschwein).

1. Fragment eines linken Oberkiefers mit dem hintersten Prämolar (I) und drei Molaren, von denen der dritte die Alveole noch

nicht ganz durchbrochen hat. Das Gepräge der Zähne deutet auf das Torfschwein.

2. Linke Beckenhälfte, von der die äußeren Enden des Hüft- und Sitzbeines abgeschlagen sind; am Os pubis fehlt nur der äußere Rand.

Bos taurus brachyceros Rütim. (Torfrind).

Fragment des linken Unterkiefers mit Milchmolar I und Molar I, gehört der kleinen Torfkuh an, wie sie in den ältesten neolithischen Pfahlbauten von Moosseedorf und Schaffis vorkommt und von der ganz analoge Stücke im naturhistorischen Museum in Bern vorhanden sind.

Canis familiaris L.

1. Linker Unterkiefer (größte Länge 152 mm), auch in der Symphysenregion gut erhalten. Außer dem Eckzahn sind noch drei Prämolare und zwei Molare vorhanden.

2. Rechter Humerus. Der Gelenkkopf und der große Trochanter sind abgeschlagen, während das distale Gelenkende noch gut erhalten ist. Ungefähre Länge 155 mm, größter Durchmesser der Diaphyse 17 mm. Die Fläche über der Fossa intercondyloidea ist mit einer 5 mm im Durchmesser zeigenden Durchbohrung versehen, die augenscheinlich alt ist. — Der Unterkiefer stimmt mit demjenigen eines großen Hundes aus dem neolithischen Pfahlbau von Font im Neuenburger See und dem des Eskimohundes von Labrador überein.

Eine ebenfalls in der Mardelle aufgefundene Flußmuschelschale, deren Bestimmung Hr. Prof. *O. Böttger* in Frankfurt a. M. freundlichst übernahm, erwies sich als Unio crassus Retz. var. rugata Mke.

Sie ist zwar erwachsen, aber auffallend klein. Beschrieben ist die Form aus dem Ammergebiet (Donausystem), doch sind sehr ähnliche Formen, die nur etwas mehr vorstehende Wirbel haben, aus dem unteren Main bekannt.

Es tritt also zu der Fauna, die den Menschen der neueren Steinzeit am Mittelrhein umgab, hinzu ein kleines und schlankes Wildpferd, wie wir es z. B. auch aus der neolithischen Schicht von Schweizersbild kennen. In den steinzeitlichen Pfahlbauten der Schweiz kommen Reste des Pferdes nur ganz vereinzelt vor. Es hängt dies wohl mit dem die Schweizer Seen umgebenden gebirgigen und auch sumpfigen Terrain zusammen, das für das Wildpferd nicht geeignet war. Als Haustier erscheint ein Pferd (von kleinem Wuchse) in den Pfahlbauten der Schweiz erst zur Bronzezeit, als die Einfuhr desselben durch den bereits vorgeschrittenen Ackerbau ein Bedürfnis wurde.

Ferner hat sich bei Schwabsburg auch die Anwesenheit des Torfschweines ergeben, das dem vorliegenden Gebisse zufolge wohl als Haustier gehalten wurde. Nach *Rütimeyer* lebte das Torfschwein im Steinalter neben dem Wildschwein in Europa wild, erlosch aber vor der historischen Zeit als wildes Tier und bildete ebenso wie das Wildschwein den Ausgangspunkt für zahme Rassen, die sich bis auf die Jetztzeit erhalten haben. Als Haustier findet sich das Torfschwein schon in verschiedenen steinzeitlichen Pfahlbauten der Schweiz. In dem neolithischen Gräberfelde von Worms kommt es aber ebensowenig wie das Wildschwein unter den Speiseresten vor. Ist dieses Gräberfeld älter als die Mardelle bei Schwabsburg, so würde sich dieser Umstand dadurch erklären lassen, daß das Schwein von den Neolithikern der Rheingewann noch nicht gezähmt war, und die Beschaffung eines solchen Wildes zu Leichenschmausen von Zufälligkeiten abhing.

Den Mardellenleuten hatte sich ebenfalls ein Hund zugesellt, der nach der aufgefundenen Unterkieferhälfte dem Canis fam. Inostranzewi zuzurechnen ist. Dieser wurde bekanntlich von *Anutschin* in den Torfmooren am Ladogasee aufgefunden und ist, wenn auch selten, in den steinzeitlichen Pfahlbauten der Schweiz, u. a. in Font am Neuenburger See, nachgewiesen. Seine nächsten Verwandten hat er nach *Th. Studer* (Beiträge zur Geschichte unserer Hunderassen in der Naturwissenschaftl. Wochenschrift 1897, Nr. 28) im Laika, dem sibirischen Schlittenhunde und in den Eskimohunden von Labrador, ferner in den größeren Wolfshunden, Neufundländern, Doggen und auch in dem Kjökkenmöddinger Hunde.

Möchten doch alle in prähistorischen Niederlassungen bezw. Gräbern aufgefundenen Tier- und Pflanzenreste sorgfältig aufgehoben und der Untersuchung zugänglich gemacht werden, damit wir über die daraus zu folgernden Verhältnisse ein möglichst klares Bild erhalten. Dieses Material ist oft noch wichtiger als die von Sammlern vielfach in einseitiger Weise zur Berücksichtigung gelangenden Artefakte.

Moderne Immunitätstheorien.

Von Privatdozent Dr. **Petersen.**

Vortrag gehalten in der Gesamtsitzung am 1. Juli 1898.

Von alters her haben die merkwürdigen Erscheinungen der Immunität, d. h. der Widerstandsfähigkeit gegen bestimmte Infektionen oder Intoxikationen das regste Interesse der Biologen und insbesondere der Mediziner hervorgerufen. Aber erst die Forschungen der neuesten Zeit haben etwas Licht in das Dunkel dieser rätselhaften Erscheinungen gebracht.

Wir unterscheiden zwei Hauptgruppen der Immunität: die angeborene und die erworbene, und bei der letztern wieder die natürlich erworbene (durch Überstehen einer Krankheit) und die künstlich experimentell erworbene.

Bestimmte Immunitäten erstrecken sich auf eine ganze Art, so z. B. sind gegen Lues, Scharlach, Masern alle Tierarten immun außer dem Menschen; Hühner sind immun gegen Milzbrand und Rotz etc.

Auch zwischen den Rassen giebt es noch durchgreifende Unterschiede: Feldmäuse sind disponiert für Tuberkulose und Rotz, weiße und Hausmäuse sind dagegen immun; der Neger ist immun gegen das für den Weißen verderbliche Gelbfieber, dagegen erhöht disponiert für Pocken und Tuberkulose. Die Rassenimmunität engt sich noch weiter ein zu einer individuellen Immunität innerhalb der gleichen Rasse. So werden bei einer Cholera-Epidemie, wie jetzt zweifellos festgestellt ist, zahlreiche Menschen von virulenten Cholerabazillen befallen, ohne doch cholerakrank zu werden, und es ist daher nicht so widersinnig, wie es zunächst schien, von cholerakranken und choleragesunden Menschen zu reden.

Ja, noch einen Schritt weiter: bei demselben Individuum giebt es noch einmal lokale Immunitäten. Die gleichen Bakterien, welche in eine Wunde gebracht, zur tödlichen Blutvergiftung führen, können

in Nase, Mund und Darm harmlos schmarotzen. Und umgekehrt, die im Darm so verderblichen Cholerabazillen werden subkutan in ziemlich großen Dosen vertragen.

Der Untersuchung zugänglich waren natürlich am ersten die Thatsachen der erworbenen Immunität.

Die natürlich durch Überstehen einer Krankheit erworbene Immunität ist bei den verschiedenen Infektionskrankheiten von durchaus verschiedener Art. Während dieselbe nach Pocken, Scharlach und Masern eine sehr lang dauernde ist, ist sie bei andern, wie bei Diphtherie oder Rekurrens nur eine sehr kurze. Ja, bei einer weitern Gruppe, z. B. Malaria, Erysipel, Pneumonie, scheint eher eine erhöhte Disposition nach der Krankheit zurückzubleiben.

Auch eine abgeschwächte Infektion kann eine volle Immunität schaffen. So ist es in manchen Gegenden ein alter Brauch, bei leichten Masernepidemien die noch gesunden Kinder absichtlich sich anstecken zu lassen, damit sie dann bei einer spätern, vielleicht schwereren Epidemie gegen das Gift gefeit sind. Ähnlich verhält es sich bei den Pocken; diese Krankheit führt uns zugleich hinüber in das Gebiet der künstlichen Immunität. Im Orient verfuhr man schon in frühern Jahrhunderten bei den Pocken ähnlich wie jetzt bei uns noch bei den Masern, d. h. man ließ bei leichten Epidemien Gesunde absichtlich sich infizieren, um sie für später zu schützen. Im 18. Jahrhundert wurde dieser Brauch nach England übertragen. Er erwies sich insofern als sicher, als die überstandene Krankheit einen Schutz für lange Zeit hinaus gewährte. Aber das Verfahren war doch zu gefährlich; eine Reihe von Patienten erlag dieser «Variolation». Es war daher ein Schritt von außerordentlicher Bedeutung, als *Jenner* am Ende des vorigen Jahrhunderts die Variolation ersetzte durch die «Vaccination», d. h. die Impfung mit einem abgeschwächten Variolagift, wie es sich bei der Vaccine, den Kuhpocken, in natürlichem Zustande vorfindet. *Jenner* hatte damit zurückgegriffen auf eine alte Erfahrung des Landvolkes; sein Vorschlag war ein rein empirischer. Eine streng wissenschaftliche Erforschung der praktisch so hochbedeutsamen Methode wurde erst ermöglicht durch die Fortschritte der modernen Bakteriologie, wie sie sich vor allem an die Namen *Pasteur* und *Koch*, sowie deren Schule knüpfen. Man lernte jetzt zunächst eine Reihe von Methoden kennen, um eine künstliche Immunität zu erzielen.

Die erste Methode knüpfte an an die Erfahrungen der Vaccination, sie war die Methode der Immunisierung durch abgeschwächte

Kulturen. *Pasteur* gelang es zuerst, Tiere gegen Hühnercholera zu immunisieren durch vorherige Injektion von Hühnercholerabazillen, die längere Zeit an der Luft gestanden hatten. In ähnlicher Weise konnte Immunisierung gegen Milzbrand und Schweinerotlauf erzielt werden. Eine große Anzahl von physikalischen und chemischen Maßnahmen wurde dann erprobt, um die zur Immunisierung notwendige Abschwächung der virulenten Kulturen zu bewirken; ich nenne nur: Erwärmung, Abkühlung, Belichtung, Passage durch ein wenig empfängliches Tier, Zusatz vielfacher chemischer Gifte zu den Kulturen etc.

Bald darauf machte *Pasteur* die weitere Entdeckung, wiederum bei der Hühnercholera, daß eine Immunisierung auch möglich ist durch Injektion der abgetöteten Kulturen und der Stoffwechselprodukte der Bakterien (Toxin-Immunisierung); eine Erfahrung, die sich dann bei einer großen Anzahl weiterer Infektionskrankheiten bestätigte und vor allem für die Immunisierung gegen Tetanus und Diphtherie große praktische Bedeutung erlangte.

Auf die zwar äußerlich ähnlichen, prinzipiell aber doch verschiedenen Immunisierungsmethoden bei Tuberkulose und Hundswut komme ich später zurück.

Sehr auffallend erschien zunächst die Thatsache, daß eine Immunisierung nicht nur gelingt mit der abgeschwächten oder abgetöteten Kultur derjenigen Infektionsträger, welche die betr. Krankheit verursachen, sondern auch durch verschiedene andere Bakterien. So kann man Tiere gegen den Typhus-Bazillus immunisieren durch den Bazillus pyocyaneus; gegen Milzbrand durch Streptococcen. Noch weiter; bis zu einem gewissen Grade können wir sogar einen Impfschutz bewirken durch die Injektion nicht bakterieller Stoffe, z. B. durch Thymusextrakt, Spermin, Jodtrichlorid, Pilokarpin etc. Vielleicht darf ich hier auch eine Erfahrung einfügen, die wir hier im Laboratorium der chirurgischen Klinik machten. Wenn man bei Kaninchen eine bestimmte Stelle des corpus striatum im Gehirn verletzt, so steigt deren Temperatur um 1—2°. Solche künstlich überhitzten Tiere sind nun gegen eine sonst tödliche Dosis von Staphylococcen immun.

Es scheint aber, als ob diese durch Bakterien anderer Art und durch nicht bakterielle Stoffe oder durch künstliches Fieber hervorgerufene Immunität sich von der echten durch Bakterien derselben Art (bezw. deren Stoffwechselprodukte) erzeugten prinzipiell unterscheidet. Und zwar erstens durch die viel geringere Dauer und

zweitens durch die Unmöglichkeit, sich durch das Blutserum übertragen zu lassen.

Schon zu sehr früher Zeit hatte man nun versucht, diese so merkwürdigen Thatsachen der natürlichen und künstlichen Immunität durch eine einheitliche Theorie zu erklären. Jede Theorie schien eine Zeit lang zu genügen, aber neue Experimente und neue Erfahrungen zeigten stets wieder ihre Unvollkommenheit.

Die älteste Theorie ist die sog. Erschöpfungstheorie von *Pasteur* und *Klebs*. Sie nahm an, daß durch die einmalige Infektion Stoffe im Körper aufgezehrt würden, welche für das Gedeihen der Bakterien unbedingt notwendig seien, so daß die Bakterien bei erneuter Infektion keinen Nährboden mehr fänden. Diese Theorie wurde unhaltbar, als man entdeckte, daß erstens der Gewebesaft solcher gegen Infektion immuner Tiere einen sehr guten Nährboden für die Infektionserreger abgeben kann, und daß zweitens auch bakterienfreie Substanzen (Bakterientoxine) Immunität hervorrufen können.

Chauveau stellte im Gegensatz hierzu die Retentionstheorie auf; es sollten bei der ersten Infektion die von den Mikroben gebildeten Stoffwechselprodukte, welche für die Mikroben selbst giftig sind, den Körper derartig durchtränken, daß eine abermalige Invasion derselben Bakterien unmöglich ist. Diese Hypothese ließ sich nur schwer mit der Thatsache in Einklang bringen, daß die erworbene Immunität über so viele Jahre hinaus andauern kann.

In der Folgezeit traten dann zwei andere Gegensätze bei den Erklärungsversuchen der Immunität immer stärker hervor; die einen wollten sie allein ableiten von der Thätigkeit der lebenden Zelle (Cellulartheorie); die andern von der Wirksamkeit des zellfreien Blutserums (Humoraltheorie).

Der Hauptvertreter der ersten Richtung ist *Metschnikoff*, dessen 1883 publizierte Phagocytentheorie großes Aufsehen erregte. Gestützt auf sehr ausgedehnte vergleichende pathologische Untersuchungen des ganzen Tierreichs behauptete *Metschnikoff*: Krankheit ist im wesentlichen ein Kampf zwischen den Bakterien und einer bestimmten Klasse von Körperzellen, den Phagocyten (Freßzellen). Hat ein Organismus einmal diesen Kampf siegreich überstanden, so sind seine Zellen durch Übung für einen erneuten Kampf viel besser befähigt und gerüstet; der Organismus ist immun. Diese auf reiches Material aufgebaute und geistvoll vorgetragene Theorie, für welche zudem noch die große Autorität *Virchow's* eintrat, gewann sehr zahlreiche Anhänger. Doch es zeigte sich, daß sie nicht allen Thatsachen gerecht wird;

Phagocytose und Immunität gehen durchaus nicht immer parallel; in einigen Fällen gehen im immunisierten Tier die Bakterien zu Grunde ohne jede Spur von Phagocytose, in andern gehen die Tiere zu Grunde, während wir ihre Phagocyten hochgradig mit Bakterien überladen finden. Es ist daher jetzt wohl die herrschende Ansicht, daß die Phagocytose zwar eine nicht unwichtige, aber doch nur sekundäre Rolle im Kampf zwischen Organismus und Bakterien spielt.

Die entgegengesetzte Anschauung, die Humoraltheorie, wurde besonders von *Buchner* und seiner Schule ausgebaut. Sie griff in gewissem Sinne zurück auf die ältere Retentionstheorie; sie stützte sich auf die vielfach festgestellte Thatsache, daß das zellfreie Blutserum immunisierter Tiere sehr stark baktericide Eigenschaften entfalten kann.

Später näherte sich *Buchner* etwas dem *Metschnikoff*'schen Standpunkte. Er nahm an, daß die Phagocyten allerdings an der Abwehr der Bakterien beteiligt seien, aber nicht durch den Akt des Auffressens, sondern durch die Produktion von Stoffen, die im Serum gelöst seien. Durch Injektion von Weizenkleber in die Pleurahöhle von Kaninchen gelang es *Buchner* ein Exsudat zu gewinnen, welches bedeutend stärker baktericid wirkte als das Serum desselben Tieres; soweit sprach der Versuch durchaus für *Metschnikoff;* aber wenn er nun die Leukocyten des Exsudates abtötete, indem er das Exsudat gefrieren und wieder auftauen ließ, so blieb die baktericide Kraft des Exsudates vollkommen unverändert; sie konnte also nicht wesentlich bedingt sein durch Lebensprozesse der Leukocyten. Auch *Behring* war ursprünglich Anhänger der humoralen Theorie; aber im weiteren Verlauf seiner Arbeiten zeigte sich, daß diese Analogie zwischen Immunität und baktericider Kraft des Blutserums durchaus keine durchgehende ist, daß sie also zur vollen Erklärung nicht ausreicht.

Mit *Kitasato* zusammen fand dann *Behring* 1890 die neue grundlegende Thatsache, daß «die Immunität von Kaninchen und Mäusen, die gegen Tetanus immunisiert sind, auf der Thätigkeit der zellfreien Blutflüssigkeit beruht, die Toxine der Tetanusbazillen unschädlich zu machen».

Und noch in demselben Jahre wies *Behring* nach, daß diese Immunität sich übertragen läßt durch das Serum der immunisierten Tiere (Behring'sches Gesetz).

Diese beiden Arbeiten bezeichnen den Anfang einer neuen Ära in der Immunitäts-Lehre und -Forschung.

Für eine große Reihe weiterer Infektionskrankheiten wurde die Richtigkeit des *Behring*'schen Gesetzes nachgewiesen; so für Pneumonie, Typhus, Cholera, Staphylomykose etc. etc. Auch im Blutserum des Menschen fand man nach dem Überstehen verschiedener Infektionskrankheiten solche Schutzkörper oder Antikörper.

Ehrlich zeigte, daß auch pflanzliche Gifte, wie das Ricin und das Abrin, im Tierkörper zur Produktion von immunisierenden Schutzstoffen Veranlassung geben, und daß diese Immunität durch Vererbung übertragen werden kann.

Das Diphtherie- und Tetanusserum sollte also, wie oben angeführt, nach *Behrings* Ansicht, durch Zerstörung des Toxins wirken, die Schutzkörper sollten antitoxisch sein. Wider Erwarten ließen aber andere Antisera, so das Typhusserum, diese Eigenschaft vermissen; dies wirkte vielmehr antibakteriell. Es entbrannte jetzt ein hitziger Kampf über die Art der Serumwirkung. Wie früher die Cellular- und Humoraltheorie in schroffem Gegensatz gestanden hatten, so glaubte man auch jetzt die Serumwirkung von einem einheitlichen Prinzip aus erklären zu müssen, und erst die fortschreitende Erfahrung zeigte auch hier wieder, daß man auf dem Gebiete der Infektionskrankheiten mit Analogieschlüssen so vorsichtig wie irgend möglich umgehen muß. Aus dem großen Chaos der sich widersprechenden Befunde begannen aber doch zwei Hauptgruppen von Serumarten sich abzulösen:

1. Antibakterielle Schutzsera.

Die Haupttypen dieser Gruppe sind das Thyphus- und Choleraserum. Die antibakterielle Wirkung derselben ist nun eine höchst merkwürdige. Mischt man eine virulente Cholerakultur mit etwas Antiserum, so läßt dies die Bazillen ganz unbehelligt. Injiziert man aber jetzt die Mischung einem Meerschweinchen, so gehen die Cholerabazillen ganz außerordentlich schnell zu Grunde, während sie sonst sich im Meerschweinchen stark vermehren und zur tödlichen Erkrankung führen. Die feineren Vorgänge bei diesem auffallenden Vorgange sind noch Gegenstand lebhaften Studiums.

2. Antitoxische Schutzsera.

Diese zweite Gruppe wird vor allem repräsentiert durch das Diphtherie- und Tetanusserum.

Wenn es überhaupt gelang, für so verschiedene Infektionskrankheiten Schutzsera zu gewinnen, so war eigentlich nach unsern sonstigen Kenntnissen von dem Verlauf der Infektionen ein derartiger Unter-

schied der Schutzsera ein logisches Postulat. So würde es uns z. B. bei einem einmal ausgebrochenen Tetanus gar nichts helfen, antibakteriell einzugreifen, da nach Abtötung der Bakterien die Toxine doch weiterwirken würden. Umgekehrt wäre bei dem Milzbrand der Mäuse z. B. eine Zerstörung der Toxine ziemlich nutzlos, da hier die toxischen Effekte ganz zurücktreten gegenüber den anderweitigen Schädlichkeiten der sich unglaublich massenhaft im Tierkörper anhäufenden Bazillen.

Wie entstehen nun diese Antikörper? Dieser schwierigen Frage ist man erst bei den länger bekannten Antitoxinen etwas näher getreten. Was ihre Herkunft betrifft, so nimmt jetzt wohl die Mehrzahl der Forscher nach *Behrings* Vorgang an, daß sie nicht Umwandlungsprodukte der Toxine, sondern Reaktionsprodukte des lebenden Organismus sind.

Über die Art ihrer Entstehung hat vor ca. $^{3}/_{4}$ Jahren der um die ganze Immunitätslehre so hochverdiente *Ehrlich* eine hochbedeutsame Theorie aufgestellt, die zur Zeit die Diskussion vollkommen beherrscht. Ich schließe mich im folgenden eng an seine Ausführungen an [1]).

Es war eine alte Streitfrage, besonders zwischen *Behring* und *Buchner:* wie beeinflussen sich Toxin und Antitoxin? neutralisieren sie sich im Reagenzglase oder wirken sie erst im Tierkörper aufeinander ein? ist es eine direkte Zerstörung des Toxins oder nur eine labile Bindung?

Für das Ricin und das Antiricin zunächst hat nun *Ehrlich* den Beweis erbracht, daß es sich um eine direkte chemische Beeinflussung handelt. Gift und Gegengift treten nach Gesetzen zusammen, wie sie die Doppelsalzbildung beherrschen. Alle Beobachtungen sprechen nach *Ehrlich* dafür, daß die Einwirkung von Toxin und Antitoxin sich nach Verhältnissen einer reinen Äquivalenz abspielt. Er nimmt eine spezifische Atomgruppe des Giftkomplexes an, «die zu einer bestimmten Atomgruppe des Antitoxinkomplexes eine maximale spezifische Verwandtschaft zeigt und sich in sie leicht einfügt, wie Schlüssel und Schloß nach einem bekannten Vergleiche von *Emil Fischer*».

«Die zwingende Notwendigkeit, in Toxin und Antitoxin zwei derartig aufeinander abgepaßte Gruppen anzunehmen, dürfte auch einen Hinweis darauf geben, wie man sich die so rätselhafte Entstehung der Antitoxine am leichtesten denken könne.

---

[1]) *Ehrlich.* Die Wertbestimmung des Diphtherieheilserums und deren theoretische Grundlagen. Klin. Jahrb., Bd. VI.

Wenn man einem Chemiker die Aufgabe stellen würde, gegen ein Alkaloid oder ein sonstiges Gift ein Antidot zu finden, das eine physiologisch und chemisch indifferente Substanz darstellen sollte, die weder das Gift zerstören, noch in unlöslichem Zustande ausfällen darf, und welches nichtsdestoweniger im stande sein soll, beliebig große Quantitäten der Gifte unschädlich zu machen, so würde er ein solches Thema sicher als eine Chimäre zurückweisen.

Nichtsdestoweniger ist der Organismus imstande, diese Aufgabe sozusagen spielend, häufig in einer Spanne weniger Tage und für eine Vielheit von Giften zu lösen. Es würde in die Zeiten der Naturphilosophie zurückführen, wenn man dem Organismus resp. seinen Zellen eine, ich möchte sagen, erfinderische Thätigkeit vindizieren wollte, die sie befähigte, je nach Bedarf neuartige Atomgruppierungen zu schaffen.» Wir müssen vielmehr annehmen, daß es sich hierbei um eine Reproduktion normaler Zellleistung handelt. «Es müssen sich im Organismus resp. dessen Zellen physiologische Analogen der spezifisch bindenden Antikörpergruppe vorfinden.»

Zu der gleichen logischen Folgerung gelangte *Ehrlich* auf einem anderen Wege. Wenn man einem Meerschweinchen geringe Mengen Tetanusgift zuführt, so wird das Gift vom Centralnervensystem vollkommen an sich gerissen; es müssen also in diesem Atomgruppen vorhanden sein, die zum Tetanusgift eine maximale spezifische Verwandtschaft besitzen.

Bei einer andern Gelegenheit hatte nun *Ehrlich* bereits die Anschauung entwickelt, daß jedes funktionierende Protoplasma aus einem Kern, dem Leistungskern, und demselben angefügten Seitenketten verschiedener Funktion bestehe. Eine derartige Seitenkette soll nun die spezifisch bindende Atomgruppierung tragen; mit dieser wird das Tetanusgift an die Zelle verankert, stört deren Funktion und bedingt dadurch die Krankheit.

Ist aber diese Bindung eingetreten und die Seitenkette physiologisch ausgeschaltet, so hat der Organismus das Bestreben, nach Möglichkeit diesen Defekt durch Neubildung, durch Regeneration auszugleichen. «Führt man nun in angemessenen Zeiträumen und in entsprechender Dosierung ein neues Quantum Gift zu, so werden die neugebildeten Gruppen wieder vom Gift okkupiert und so die sekundäre Regeneration weiterer Seitenketten hervorgerufen etc. Im Verlaufe des typischen Immunisierungsverfahrens wird die Zelle sozusagen trainiert, die betreffende Seitenkette in immer ausgedehnterem Maße zu erzeugen. Bei derartigen Regenerationsvorgängen ist nicht

die Kompensation, sondern die Überkompensation die Regel, und wird es bei den gewaltigen Steigerungen der Giftdosen endlich dahin kommen müssen, daß die überproduzierten Seitenketten nach Art eines Exkretes an das Blut abgegeben werden.»

«Es stellen also nach dieser Auffassung die Antikörper die übermäßig erzeugten und daher abgestoßenen Seitenketten des Zellprotoplasmas dar.»

Ehrlich steht nicht an, diese Theorie auf die ganze Gruppe der antitoxinbildenden Gifte auszudehnen. Krystallinische Gifte, giftige Alkaloide etc. können keine Antitoxine erzeugen. Diese Fähigkeit ist beschränkt «auf die Gruppe der Toxine, Fermente und Toxalbumine, in denen wir ganz eigenartige, der jetzigen Chemie noch unzugängliche toxophore Atomkomplexe annehmen müssen. Es spricht die Wahrscheinlichkeit dafür, daß alle derartigen Körper nur dann in einem Organismus toxisch wirken können, wenn derselbe die Fähigkeit besitzt, in bestimmten, lebenswichtigen Organen die toxophoren Gruppen zu verankern. Mangelt diese Eigenschaft, so fehlt auch der Grund für die Giftigkeit des betreffenden Stoffes und möchte sich mancher Fall der angeborenen Immunität auf diesen Umstand zurückführen lassen. Wenn also das Vorhandensein derartiger, aufnahmefähiger Seitenketten die Vorbedingung für das Auftreten der Giftwirkung ist, so erklärt eben dieser Umstand nach dem gegebenen Prinzip in der einfachsten Weise die Entstehung der Antikörper.»

Angeboren immun ist also nach dieser Auffassung ein Organismus gegen eine Infektion, wenn er deren Toxine überhaupt nicht verankert; er ist künstlich aktiv immunisiert, wenn seine Zellen durch Übung befähigt sind, energisch die Antitoxinseitenketten zu reproduzieren.

Es ist für denjenigen, welcher einige Zeit auf dem Gebiete der Immunitätsfragen gearbeitet hat, nicht leicht, eine objektive Stellung zu der *Ehrlich*'schen Theorie zu gewinnen; denn sie hat etwas derartig fascinierendes, sie wirft ein so blendend helles Licht auf eine Reihe bis dahin dunkler Vorgänge, daß es schwer ist, kritische Bedenken zu Wort kommen zu lassen. Das eine nur möchte ich hier hervorheben, daß die Theorie nicht steht und fällt mit der vielleicht etwas seltsam anmutenden Vorstellung von der Hyperregeneration der Seitenketten; es wäre ja auch denkbar, daß, wie *Knorr* z. B. will, die Seitenketten von den gesunden Zellen durch Reizwirkung produziert werden. Das Wesentliche der Theorie, daß sich im Organismus physiologische Analoga der spezifisch bindenden Antikörper

finden müssen, bleibt davon unberührt. Diese Annahme hat sofort eine glänzende Bestätigung erfahren.

Wassermann konnte nachweisen, daß das Centralnervensystem gesunder Tiere durchaus entsprechend der *Ehrlich*'schen Theorie bereits vorgebildetes Antitoxin enthält.

Pfeiffer andererseits zeigte ganz vor kurzem, daß bei der Choleraimmunisierung die blutbildenden Organe eine ganz ähnliche Rolle spielen, wie das Nervensystem beim Tetanus; die Choleraschutzkörper sind hier um ein mehrfaches stärker angehäuft als im Blute.

Völlig im Einklang mit den *Ehrlich*'schen Anschauungen steht ferner der schon früher von *Goldscheider* gelieferte Nachweis mikroskopischer Veränderungen der Ganglienzellen bei der Tetanusinfektion.

«Der Nachweis von der Anhäufung der Schutzkörper in bestimmten giftbindenden Organen wird wahrscheinlich auch eine nicht geringe praktische Bedeutung erlangen; er wird zweifellos den Anlaß dazu geben, Organantitoxine in solchen Krankheiten zu verwerten, in welchen es nicht gelingen will, eine genügende Anhäufung von Blutantitoxinen zu erzielen»[1]. Ich erinnere hier an die oben erwähnte *Pfeiffer*'sche Entdeckung bezüglich der Choleraschutzkörper. «Und bei Milzbrand, wo es bisher nicht gelungen ist, ein wirksames Serum herzustellen, hat *Wernicke* durch die Verwendung der Milz von mit Milzbrand behandelten Meerschweinen, nach Abtötung der darin enthaltenen Milzbrandbazillen, im Organismus gesunder Meerschweine Antikörper erzeugt, welche die Milzbrandinfektion der Mäuse unschädlich machen». *Behring* teilt uns ferner mit, daß er bei der Tuberkulose eifrig nach Schutz- und Heilkörpern in solchen Organen sucht, die wir als die Hauptangriffsobjekte der Tuberkelbazillen und daher auch als die Bildungsstätte für die Antikörper ansehen. So sehen wir im Geiste neben der Blutserumtherapie eine Organserumtherapie erstehen.

Die *Ehrlich*'sche Theorie macht uns auch die Dauer der durch Überstehen einer Krankheit erworbenen Immunität am ehesten verständlich. Denn wir wissen aus sonstigen zahlreichen Beispielen, daß eine derartige durch Übung erworbene Fähigkeit wie die von *Ehrlich* angenommene Seitenkettenreproduktion von außerordentlich langem Bestand sein kann.

---

[1]) *Behring*. Über Heilprinzipien. Deutsche med. Wochenschr. 1898, Nr. 5. (Diesem Aufsatz entstammen auch die noch folgenden Zitate.)

Ferner wird die Vielseitigkeit des Organismus in der Bildung von Schutzkörpern gegenüber von Stoffen und Bakterien, die im Kampfe ums Dasein der betreffenden Art in vielen Fällen gewiß nie eine Rolle gespielt haben, durch die von *Ehrlich* angenommene enge Beziehung zwischen Giftwirkung und Antitoxinbildung ausreichend erklärt.

Seine Theorie führt uns endlich zu einem klareren Verständnis der Wirkung des Tuberkulins und der Hundswutimpfung bei schon ausgebrochener Krankheit, Verhältnisse, die wir oben schon kurz streiften. Hier führen wir dem Kranken ein Plus desselben Giftes zu, welches wir als die Ursache der Krankheitserscheinungen ansehen; wie sollen wir das verstehen?

Holen wir dazu etwas weiter aus. Wie sollen wir es überhaupt verstehen, daß eine durch lebende Bakterien erzeugte Krankheit von selbst wieder ausheilt? Nehmen wir die Pneumonie. Woher plötzlich die mit der Krisis eintretende Wendung zum Bessern? «Durch den Nachweis von Pneumonieantitoxin im Blute mit und nach dem Eintritt der Krisis ist zwar das Problem der Selbstheilung unserm Verständnis etwas näher gerückt worden. Woher kommt aber das Antitoxin?» Jetzt giebt uns *Ehrlich* die Antwort. «Dieselben lebenden Teile, welche von den Pneumoniebakterien und vom Pneumoniegift angegriffen und zu erhöhter und veränderter Thätigkeit mit ihren krankmachenden Folgeerscheinungen veranlaßt worden sind, sie sind es auch, welche die Schutzkörper ins Blut abstoßen; wenn diese sich im Blut in solcher Menge angesammelt haben, um das immer weiter produzierte Gift unschädlich machen zu können, dann hört das Fortschreiten des Krankheitprozesses auf und die Veränderungen in den Lungen können durch die natürlichen Heilkräfte des Organismus wieder rückgängig gemacht werden.»

Warum aber kommt nicht in jedem Fall die Selbstheilung zustande? Zweierlei ist möglich; entweder tritt das Gift so heftig ein, daß eine Regeneration der Antikörper unmöglich wird (wie zumeist bei Tetanus), oder die Vergiftung schleicht sich so langsam ein, daß es zwar zur Vermehrung von giftbindender Substanz kommt, aber nicht zu ihrer reichlichen Abstoßung in das Blut.

Letzterer Fall liegt nun aller Wahrscheinlichkeit nach bei der Tuberkulose und der Hundswut vor. «Fügen wir nun hier zu dem schon existierenden, aber für eine reichliche Antitoxinproduktion zu geringen Giftreiz einen um so viel gesteigerten hinzu, daß die Neubildung von Antitoxin in lebhafteren Gang kommt», dann wird

schließlich auch hier Antitoxin ins Blut abgestoßen, und es treten die gleichen Verhältnisse ein wie in dem oben geschilderten Pneumoniefall. Wir gehen also hier nach dem isopathischen Heilprinzip vor, im Gegensatz zu dem ätiologischen Heilprinzip bei der Antitoxinbehandlung. Diese Überlegungen zeigen aber auch gleichzeitig die Schwächen und die Gefahren der Isopathie. Denn es wird immer sehr schwer sein, dasjenige Maß von Gift zu treffen, welches zwar noch genügend ist, um die Antitoxinproduktion anzuregen, welches aber selbst nicht toxisch wirkt. Die Bedenken gegen die bisherige Tuberkulintherapie und die Bestrebungen, dieselbe durch eine Antituberkulintherapie zu ersetzen, sind daher durchaus gerechtfertigt.

Mag also auch das Gebiet der Immunitätsfragen noch viele dunkle und unerforschte Abschnitte umschließen, wir dürfen doch nicht vergessen, daß es vor etwa 20 Jahren noch eine völlige «terra incognita» war; das in dieser Zeit Gewonnene und Erforschte giebt uns die sichere Hoffnung, daß weitere Arbeit hier noch reiche theoretische und praktische Ergebnisse liefern wird.

Notiz über Teilungszustände des Centralkörpers bei einer Nostocacee, nebst einigen Bemerkungen über J. Künstler's und Busquet's Auffassung der roten Körnchen der Bakterien etc.

Von O. Bütschli.

Mit Tafel 1.

In den beiden Abhandlungen über den Bau der Cyanophyceen und Bakterien, die ich 1890 und 1896[1]) veröffentlichte, gedachte ich mehrfach einer kleinen blaugrünen Nostocacee[2]), die in unseren Sumpfwässern ziemlich häufig vorkommt und sich daher auch in meinen Präparaten oft vorfand.

Von diesem Organismus hatte ich im Winter 1896/97 Gelegenheit, einige Präparate zu studieren, welche über den Bau und die Teilung des Centralkörpers Interessantes darbieten. Gleichzeitig sind diese Präparate noch deshalb bemerkenswert, weil sie zeigen, daß

[1]) 1890. Über den Bau der Bakterien und verwandter Organismen. Leipzig (C. F. Winter). — 1896. Weitere Ausführungen über den Bau der Cyanophyceen und Bakterien. Leipzig (W. Engelmann).

[2]) S. 1890, p. 19 u. Fig. 18; 1896, Tf. 2, Fig. 37, Tf. 4, Fig. 19. Bei dieser Gelegenheit möchte ich bemerken, daß auch in *Zettnow*'s interessanter und wichtiger Schrift: «Über den Bau der großen Spirillen» in der Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten Bd. 24, 1897, p. 72—92, diese Form, oder doch eine nächstverwandte, auf Fig. 62 abgebildet ist. Nach dem Urteil von *Magnus* meint jedoch *Zettnow*, daß es sich um eine Desmidiacee, eine Art von Cosmarium handle. Es kann jedoch, obgleich auch ich Heterocysten bei dieser Form nicht sah, gar keinem Zweifel unterliegen, daß es sich um eine Cyanophycee handelt. Früher (1890) glaubte ich, sie zu Aphanizomenon ziehen zu sollen. Die genauere Bestimmung kann jedoch wohl nur durch jemand geschehen, der mit der Formenwelt dieser Organismen eingehender vertraut ist. Bei Erwähnung der *Zettnow*'schen Arbeit, die für den Wabenbau der Bakterien sehr wichtige Beiträge liefert, kann ich nicht unterlassen zu betonen, daß die zahlreichen auf den Tafeln reproduzierten Photographien nur eine sehr ungenügende Wiedergabe der vielfach geradezu vorzüglichen Originalphotographien darstellen, die ich genauer zu betrachten Gelegenheit hatte.

auch an Trockenpräparaten und mit der *Löffler*'schen Geißelfärbung gelegentlich ganz treffliche Darstellungen des Centralkörpers möglich sind.

1896, p. 59—60, habe ich die Bedingungen der differenten Färbung des Centralkörpers, besonders im Gegensatz zu *A. Fischers*[1]) negativen Färbungsergebnissen, ein wenig erörtert und bei dieser Gelegenheit auch der *Löffler*'schen Methode der Geißelfärbung (cf. p. 60, Anmerkung) genauer gedacht. Obwohl das dort Bemerkte zu Recht besteht: daß nämlich dieses Verfahren, dessen Ziel eine möglichst intensive Färbung ist, für die differente Darstellung des Centralkörpers sehr wenig geeignet scheint, so ist es gerade deshalb nicht uninteressant, daß gelegentlich nach diesem Verfahren doch ganz gelungene Centralkörperfärbungen erhalten werden, wie ich sie im Nachfolgenden kurz zu schildern gedenke.

Wie bemerkt, sind die betreffenden Präparate Trockenpräparate, welche zur Untersuchung der Geißeln verschiedener Flagellaten angefertigt wurden; die Fäden der fraglichen Nostocacee waren nur zufällig hineingeraten. Angefertigt wurden die Präparate von Frau *M. Margouliès*, welche sich unter meiner Leitung mit Untersuchung der Geißeln beschäftigte.

Während nun die meisten Fäden so intensiv gefärbt waren, daß in ihrem Inneren nichts zu unterscheiden war, fanden sich hie und da auch solche von schwächerer Färbung und darunter auch gewisse, die nur den Centralkörper intensiv und diskret rot gefärbt darboten und zwar in gleichmäßiger Wiederholung durch die zahlreichen Zellen des Fadens. Dieselbe Erscheinung wiederholte sich auch bei den Oscillarienfäden, die in den Präparaten gleichfalls reich vertreten waren. Auch diese zeigten unter günstigen Umständen vorzügliche und ganz diskrete Färbung der Centralkörper. Hieraus folgt, daß auch das *Löffler*'sche Färbungsverfahren unter geeigneten Bedingungen ganz vorzügliche Färbungen des Centralkörpers geben kann. Diese Bedingungen sind nach dem vorliegenden Fall nicht scharf zu beurteilen, dürften jedoch, wie ich vermute, wohl nur darin bestehen, daß die Färbung dieser Fäden aus gewissen Gründen verzögert und im richtigen Moment unterbrochen wurde.

Die große Mehrzahl der Zellen der Fäden ist wie gewöhnlich in Teilung begriffen und zeigt daher auch den Centralkörper in Teilung. Auf Tafel 1, Fig. 1—2, sind kleine Teile zweier solcher Fäden in 4800facher Vergrößerung photographisch wiedergegeben.

[1]) Untersuchungen über die Bakterien. Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. 27, 1894.

In jedem derselben ist die bezeichnete, in Teilung befindliche Zelle scharf eingestellt. Da die Fäden in Canadabalsam eingebettet sind und mit weit geöffneter Blende photographiert wurden, handelt es sich um ein reines Farbenbild, wofür ja auch die völlige Abwesenheit von Diffraktionssäumen spricht.

In beiden Zellen ist das Teilungsstadium ziemlich das gleiche; der wabige Bau des stark tingierten Centralkörpers sowohl als des ungefärbten Plasmas ist recht schön zu sehen. Mehr wie irgend welche von mir seither gesehenen Teilungszustände des Centralkörpers erinnern die vorliegenden an eine karyokinetische Kernteilung einfacher Art. Einmal sind die stark gefärbten Maschengerüste des Centralkörpers längsfaserig gestreckt, ja in Fig. 2 erinnern sie fast an fadenförmige Chromosomen. Dazu gesellt sich ferner, daß wenigstens am oberen Ende in Fig. 1, wahrscheinlich jedoch auch am unteren, der Centralkörper zugespitzt, spindelpolartig ausläuft, wodurch die Existenz schwächer gefärbter spitzer Enden und damit die einer hohen Äquatorialplatte wahrscheinlich wird. Auch in Fig. 2 wäre es möglich, daß der stark gefärbte Teil nur einer solchen Äquatorialplatte entspräche, die wenig gefärbten Enden des Centralkörpers dagegen nicht genügend deutlich hervorträten.

Ob den beiden dunkeln Körnern im Centralkörper der Fig. 1, die genau in der Teilungsebene liegen und daher an einen sogenannten Zwischenkörper erinnern, eine besondere Bedeutung zukommt, kann natürlich ohne häufigere Konstatierung nicht behauptet werden.

Wenn man die Kleinheit der untersuchten Zellen berücksichtigt — die der Fig. 2 besitzt eine Länge von 7,6 μ —, so wird man nicht erwarten dürfen, von etwaigen karyokinetischen Vorgängen bei der Kern- oder Centralkörperteilung allzuviel zu sehen, selbst wenn diese mehr nach Art der typischen Karyokinese verliefe, als es der Fall zu sein scheint. Wie ich 1896 (s. oben p. 63, Anm.) p. 51 und p. 44 ausführte, hatten die bis dahin vorliegenden Ermittelungen nur sehr geringfügige Anhaltspunkte für das eventuelle Vorkommen karyokinetischer Anklänge bei der Teilung des Cyanophyceen-Centralkörpers ergeben.

Zwar wurden auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zu Lübeck 1895 von *Hegler* Präparate demonstriert, welche die karyokinetische Teilung des Centralkörpers erweisen sollten; bedauerlicherweise wurden jedoch diese Untersuchungen, die, wie ich von befreundeter Seite hörte, Schönes enthalten sollen, bis jetzt nicht veröffentlicht.

Bemerkungen über die sogenannten roten Körner (Chromatinkörner des Centralkörpers und ähnlich sich färbende Körner oder *Bütschli*'sche Körner [*Lauterborn*]) im Plasma der Cyanophyceen und Bakterien.

Eine Mitteilung von *J. Künstler* und *P. Busquet* über diesen Gegenstand, «Recherches sur les grains rouges», welche vor kurzem in den *Cpts. rend. Ac. sc. Paris* (datiert 6. Dezember 1897) erschien, giebt mir Veranlassung, mit einigen Worten auf das erwähnte Thema einzugehen. Die Mitteilung der beiden Forscher sucht zu erweisen, daß die charakteristische rote bis rotviolette Farbe, welche die fraglichen Körner bei richtiger Tingierung in *Delafield*'schem Haematoxylin annehmen, nur ein optisches, auf «Diffraktion» des Lichts beruhendes Phänomen sei, nicht jedoch eine wirkliche Tinktion.

Diese Deutung geht einmal von der Angabe aus, daß die fraglichen Körner die «charakteristische Reaktion nicht nur nach Färbung mit Haematoxylin, Methylgrün und Methylenblau, wie es gewisse Autoren glauben, zeigen, sondern noch mit zahlreichen Farbstoffen. In gewissen Fällen können sogar ohne Einwirkung irgend eines Reaktivs identische Erscheinungen deutlich (nettement) nachgewiesen werden.»

Gegenüber dieser Angabe möchte ich zunächst betonen, daß ich zwar (1890, p. 13) bemerkte, daß sich die roten Körnchen auch mit alkalischem Methylenblau rot tingieren, im Gegensatz zu dem sich blau färbenden Gerüstwerk; dagegen vermag ich mich keiner Angabe zu erinnern, welche eine rote Färbung der Körner mit Methylgrün erwiesen hätte. 1890 (p. 13) betonte ich: «Die roten Körnchen färben sich ferner sehr intensiv mit Essigsäure-Methylgrün», womit ich jedoch natürlich nicht sagen wollte, daß sie sich damit rot tingieren, sondern grün in der gewöhnlichen Farbe des Methylgrüns. Was endlich die Behauptung angeht, daß die fraglichen Körner «dans certains cas», oder wie es weiter unten heißt, «souvent», schon ohne jede Färbung die charakteristische rote Farbe zeigen sollen, so muß ich folgendes hervorheben. Sowohl bei Cyanophyceen, als Bakterien, Diatomeen, Flagellaten, Algen etc. (s. Über die Verbreitung der Körner, 1896, p. 41) habe ich die Körner in frischen, lebenden oder in getöteten, ungefärbten Organismen beobachtet, ohne je eine Spur der charakteristischen und sehr intensiven roten Farbe wahrzunehmen, welche sie nach richtiger Haematoxylinfärbung zeigen. Wer die betreffenden ungefärbten und gefärbten Präparate gesehen hat, wird zugeben, daß

sie sich wie Tag und Nacht unterscheiden. Ich kann daher auch unmöglich zugeben, daß die charakteristische rote Farbe an den ungefärbten Körnern jemals zu sehen sei. Da jedoch *Künstler* und *Busquet* behaupten, daß sie sie unter diesen Verhältnissen gelegentlich, ja häufig beobachtet hätten, so führt mich dies zu der, von vornherein kaum möglich erscheinenden Vermutung, daß sie die charakteristische Rotfärbung der Körner mit Haematoxylin wahrscheinlich überhaupt nicht gesehen haben. Wie ich schon 1890 (p. 13) ausdrücklich hervorhob, gelingt die Reaktion nur an Alkoholmaterial ziemlich sicher, versagt aber auch da zuweilen; an mit Pikrinschwefelsäure, Überosmiumsäure, Chromosmiumessigsäure oder Sublimat präpariertem Material dagegen «erfolgte sie gewöhnlich gar nicht mehr oder doch nur bei vereinzelten Exemplaren».

Wie bemerkt, scheint mir daher die Wahrscheinlichkeit dafür zu sprechen, daß *Künstler* und *Busquet* die eigentliche Tinktion nicht erzielt haben und daß das, was sie als die Rotfärbung der Körner beschreiben, wirklich eine rein optische Erscheinung war.

Wie schon frühere Beobachter und auch ich beobachteten (s. 1896, p. 42), sind die größeren Körner nämlich häufig h o h l, d. h. innerlich großenteils von einer relativ sehr schwach lichtbrechenden, vermutlich wässerigen und sich nicht färbenden Substanz erfüllt, während die stark brechende und sich mit Haematoxylin rot färbende Substanz nur eine dünne Rinde bildet. Derartige Hohlkörperchen zeigen natürlich bei tiefer Einstellung ein helles und zwar rötlich gefärbtes Innere[1]), bei hoher dagegen wird dasselbe bläulich und dunkel.

Ungefähr diese Beschreibung geben auch *Künstler* und *Busquet* von der Erscheinung der roten Körner, indem sie sagen: «A l'observation microscopique, les grains rouges apparaissent comme des corpuscules d'une grande petitesse, dont la teinte rouge de rubis ne se manifeste bien que lorsqu'on baisse l'objectif de façon que le granule ne soit plus tout au fait au point. Au contraire, à une mise au point exacte, ces granules, dans le règle, sont constitués par une substance hyaline, d'aspect vitreux, dans laquelle il n'est pas aisé de distinguer une coloration; par contre, quand on élève l'objectif, il s'y produit une teinte bleutée plus ou moins sombre.»

Diese Schilderung bezieht sich jedenfalls auf die gefärbten Körner oder doch die, welche *Künstler* und *Busquet* für rot gefärbt halten. Wie gesagt, scheint es mir sehr wahrscheinlich, daß

---

[1]) S. hierüber *Nägeli* und *Schwendener*, Das Mikroskop, 1. Aufl., p. 195.

Künstler und *Busquet* richtig und different gefärbte Körner nicht gesehen haben und daß die von ihnen geschilderte Rotfärbung auch thatsächlich nichts anderes war als der rötliche Ton, den schwachbrechende Einschlüsse bei tiefer Tubuseinstellung zeigen. Diese Vermutung wird noch dadurch bestärkt, daß sie selbst die Rotfärbung der Körner identifizieren wollen mit dem rötlichen Ton, welchen bei tiefer Einstellung die schwach lichtbrechenden Hohlräume jedes ungefärbten protoplasmatischen Wabengerüstes natürlich zeigen. Wer jedoch je die intensiv leuchtende Farbe der Körner gesehen hat, die wegen ihrer häufig hohlen Beschaffenheit natürlich bei tiefer Einstellung am leuchtendsten hervortritt, der wird unmöglich versucht sein können, dieselben mit dem schwach rötlichen Ton der Hohlräumchen eines Schaumgerüstes bei tiefer Einstellung vergleichen zu wollen.

Erklärung von Tafel 1.

Teile zweier Fäden einer kleinen blaugrünen Nostocacee, Trockenpräparat nach dem *Löffler*'schen Geißelfärbungsverfahren gefärbt, in Canadabalsam. ck der Centralkörper, der in den beiden bezeichneten Zellen in Teilung begriffen ist. pl das Plasma oder die Rindenschicht, die ganz ungefärbt ist, während der Centralkörper tief rot gefärbt erscheint. Photographie mit orthochromatischer Platte und Gelbscheibe, Obj. 2 (Z), Oc. 12 aufgenommen. Hierauf auf *Stolze*'schem Bromsilberpapier etwa auf das Dreifache vergrößert, schwach retouchiert und bei der Aufnahme der autotypischen Platte wieder verkleinert, sodaß die Vergrößerung der Figur 4800 beträgt. — Näheres im Text.

Menschenrassen.

Von L. Wilser.

«Erkenne dich selbst», dies Wort des alten Weltweisen ist von ewiger Wahrheit: was könnte für den Menschen wichtiger und wissenswerter sein als der Mensch? Nicht nur unser Inneres, wie das Wort wohl ursprünglich gemeint war, die Welt unserer Gefühle, Triebe und Gedanken, suchen wir zu ergründen, auch der verwickelte und doch so zweckmäßige Bau unseres Leibes mit seinen mannigfaltigen Lebensvorgängen, unsere Stellung in der Natur und zu den übrigen Lebewesen, Entstehung, Ausbreitung und Spaltung, Vergangenheit und Zukunft des Menschengeschlechts, alle diese Fragen haben für uns die größte und zwar nicht bloß wissenschaftliche Bedeutung. Die Not, von je die beste Lehrmeisterin des Menschen, hat zuerst zur Erforschung seines leiblichen Ich gedrängt; denn um für das

ewig Weh und Ach,
so tausendfach,

das uns arme Sterbliche bedrückt und quält, Heilung und Hilfe zu finden, war eine genaue Kenntnis des menschlichen Leibes mit all seinen Teilen und Werkzeugen unbedingt erforderlich. Die hohen Schulen der Heilkunde im Altertum, unsere heutigen medizinischen Fakultäten, sie dienten und dienen, indem sie Mittel und Wege zur Bekämpfung der Krankheiten suchen und lehren, zugleich der «Wissenschaft vom Menschen». Wie aber die Tierarzneischule den Forderungen einer wissenschaftlichen Zoologie nicht genügt, so kann auch die medizinische Fakultät mit ihren Lehrstühlen für Anatomie und Physiologie nicht alle Fragen der Anthropologie beantworten. Diese muß, wie auch Botanik und Zoologie seit *Darwin* nicht mehr bloß beschreibende Wissenschaften sind, als Naturwissenschaft im weitesten Sinne unseren Wissensdrang befriedigen, der vor allem für des Menschen, der Krone der Schöpfung, Ursprung, Wesen und Geschichte Erklärung fordert. Wenn sich trotzdem die Anthropologie, diese im

Kreise ihrer Schwestern noch junge Wissenschaft, noch immer nicht der gebührenden Wertschätzung erfreut, so hat dies wohl zweierlei Ursachen: einmal die aus früheren Jahrhunderten, als der Mensch noch für ein halb übersinnliches Wesen galt, stammende Scheu, auch ihn unter das allgemeine Naturgesetz zu stellen, dann aber liegt die Schuld auch an manchen Vertretern der Anthropologie selbst, die, in überlebten Vorurteilen befangen, aus ihren Untersuchungen nicht die richtigen Schlüsse zu ziehen vermochten. Ein Dutzend Jahre ließ *Darwin* verstreichen, ehe er es wagte, seiner «Entstehung der Arten» mit der kühnen Voraussage «light will be thrown on the origin of man and his history» die «Abstammung des Menschen» folgen zu lassen, und es gibt Anthropologen, die ihr Leben lang Schädel gemessen haben, ohne anderes Ergebnis als endlose Zahlenreihen. So wurde, da das verheißene Licht immer noch nicht aufblitzen wollte, die Erwartung getäuscht, und die allgemeine Teilnahme wandte sich mehr und mehr von den Bestrebungen und Versammlungen der Anthropologen ab. Schon beim bloßen Wort Kraniologie kriegen viele Leute eine Gänsehaut, und es ist, wenn nichts dabei herauskommt, in der That einerlei, ob ich, nach einem früheren Ausdruck, «Menschenköpfe oder Kegelkugeln messe». In wahrhaft naturwissenschaftlichem Geist aber, ohne Vorurteile und unbewiesene Voraussetzungen betrieben, kann die Anthropologie die wichtigsten Aufschlüsse geben, ist zu Hohem berufen und hat eine große Zukunft. Da der Mensch ein denkendes Wesen ist, muß sie auch dessen geistige Seite berücksichtigen und schlägt so die Brücke von der Naturwissenschaft zu den «Geisteswissenschaften». In Wirklichkeit besteht ja ein Zwiespalt nicht: es gibt nur eine Wahrheit, eine unteilbare Wissenschaft, deren einzig sichere Grundlage die Kenntnis der Natur und ihrer Gesetze bildet.

Sie haben, meine Herren, nach dem Vorausgeschickten nicht zu befürchten, daß ich Sie mit einer trockenen Aufzählung der Menschenrassen, deren einzelne Forscher mehr als 60 unterscheiden, ermüden und langweilen werde; auch auf die Frage, ob «Rasse» oder «Art» zutreffender, will ich nicht eingehen, denn dies ist ein Streit um Worte. In diesem Kreise von Naturforschern möchte ich, ausgehend von des Menschen erstem Erscheinen auf unserem Erdball, untersuchen, wie aus der gemeinsamen Wurzel des Stammbaums die verschiedenen Zweige des Menschengeschlechts sich entwickelt und verändert, wie sie sich ausgebreitet, bekämpft, verdrängt, vermischt, überflügelt oder unterdrückt haben, welchen Anteil sie an Geschichte

und Kultur genommen und was für eine Zukunft ihnen voraussichtlich beschieden ist.

Auf die Frage, wo der bedeutungsvolle Schritt zur Menschwerdung erfolgt ist, können wir antworten: sicherlich nicht weit von der Stelle, wo das erste warmblütige Säugetier durch Lungen geatmet hat; denn da, wo die Entwickelung begonnen, waren auch die meisten Anstöße, die längste Zeit zum Fortschritt gegeben. Läßt man — gestatten Sie die Wiederholung eines früher gebrauchten Bildes — aus einem Trichter Streusand auf eine ebene Fläche rieseln, so wird der entstehende Sandhügel da am höchsten sein, wo die ersten Sandkörner aufgefallen sind. Natura non facit saltum: daher muß der Übergang vom Vorläufer, dem Proanthropos, zum wirklichen Menschen ebenso allmälig und unmerkbar sich vollzogen haben, wie der vom Lurch zum lebendige Junge gebärenden und säugenden Warmblüter. Von Gegnern der Entwickelungslehre und ihrer Anwendung auf den Menschen ist oft genug behauptet worden, daß zum Beweise unserer Abstammung von niedriger stehenden Wesen das Bindeglied fehle. Nun, dies missing link ist heute kein Gebilde der Einbildungskraft, kein postulatum logicum mehr, es ist Wirklichkeit geworden. Im Jahre 1891 fand ein holländischer Militärarzt, *Dubois*, bei Trinil auf Java ein Schädeldach, einen Schenkelknochen und zwei Zähne unter geologischen Umständen, die nicht nur ein sehr hohes Alter, sondern auch die Zusammengehörigkeit der Fundstücke verbürgen. Da diese Knochen weder einem der höheren Affen noch dem Menschen zugesprochen werden können, so erklärte sie der Entdecker für Überbleibsel des langgesuchten Vormenschen, eines aufrechtgehenden Wesens mit affenähnlichem Schädel, des Pithecanthropus erectus. Selbstverständlich hat auch diese bahnbrechende Entdeckung das Fegefeuer absprechender Urteile überstehen müssen; allmälig aber haben sich die hochgehenden Wogen des Streites gelegt, und die Mehrzahl besonnener Forscher gibt dem glücklichen Finder recht. Damit, wird mancher sagen, ist ja auch das Ursprungsland des Menschen gefunden. Wäre dem so, so müßte auch Neuholland, wo die niedrigsten Entwicklungsstufen noch lebend angetroffen werden, die Urheimat des Säugetiers sein. Die Tiergeographie lehrt aber, daß die am weitesten zurückgebliebenen Vertreter einer Art nicht in der Mitte, sondern in den Randgürteln ihres Verbreitungsgebietes vorkommen. Es ist dies eigentlich selbstverständlich, denn die höher entwickelten Lebewesen sind ihren tiefer stehenden Verwandten im Daseinskampfe überlegen und schieben sie daher in immer weiter sich ausbreitenden Ringwellen

vor sich her. Die Frage nach dem Werdeland des Menschen spitzt sich zu zur Frage nach dem Ursprung des Lebens überhaupt. Da wir in ganz nördlichen, heute der Kälte wegen fast unbewohnbaren Ländern die Spuren wärmeliebender Pflanzen und Tiere finden, so ist anzunehmen, daß sich entsprechend der Abkühlung Floren- und Faunengürtel langsam von Norden nach Süden verschoben haben und daß die zuerst erkalteten Polarländer schon reich bevölkert waren, als am Gleicher noch eine alles Leben ausschließende Hitze herrschte. Manche Forscher nehmen zwei solcher «Wiegen» des Lebens an, am Nordpol und am Südpol. Da aber die bis jetzt untersuchten Schichten und Gesteine des Südpolarlandes keine Spur früheren Lebens erkennen lassen und dieser Pol anscheinend auf Land fällt, während doch die ersten Lebewesen sicher im Wasser sich entwickelt haben, so dürfen wir vorläufig nur eine «Wiege» im Norden annehmen. Man hat das das Polarmeer umgebende Land, von dem jetzt nur noch einzelne Trümmer, Parry-Inseln, Baffin-Land, Grönland, Island, Spitzbergen, Franz-Josefsland, Nowaja-Semlja, über den Meeresspiegel hervorragen, das aber einst mit den großen Festländern zusammenhing, Arctogaea genannt, «das großartigste und für uns wichtigste Entwickelungscentrum» (*Kritsch*, Quartärzeit in Mähren. Mitteil. d. Wiener Anthrop. Ges. XXVIII. 1). «Der Mensch», meint dieser Urgeschichtsforscher, «als das letzte Glied in der langen Kette des animalischen Lebens», kann nirgend anderswo herkommen, «seine Wiege lag also auch im circumpolaren Gebiet.» Wie die Tiere, so ist auch der Mensch «sowohl nach Europa als nach Asien — wir fügen Amerika hinzu — mit den Waldungen langsam herabgerückt». Welches sind seine ältesten Spuren und Überbleibsel? Der tertiäre Mensch, den wir als Vorfahren des quartären vorraussetzen müssen, ist mit Sicherheit noch nicht festgestellt, als erste Spuren des letzteren aber hat man fossile Knochen gefunden und zwar in unserem Weltteil. Die ältesten dürften die 1844 in einer Tuffbreccie bei Denise in Mittelfrankreich gefundenen sein. Aus der Art ihrer Einbettung in den Tuff geht hervor, daß der Mensch dort gleichzeitig mit Elefanten (E. meridionalis), Flußpferden, Nashörnern (Rh. megarhinus), Antilopen und Hyänen, also einer ganz afrikanischen Fauna, gelebt hat. Demnach ist der Mensch in Europa älter als die Eiszeit, denn alle diese Tiere lieben die Wärme, und das Flußpferd besonders braucht allezeit offenes Wasser. Nach der Beschreibung von *Sauvage* (Revue d'anthr. I) gleicht der dolichocephale Schädel von Denise ganz dem berühmten von Neanderthal.

Wie mag dieser Ureuropäer ausgesehen haben? Die künstlerische Einbildungskraft *(Gabr. Max)*, allerdings unterstützt durch fachmännischen Rat *(Häckel)*, hat uns ein Bild entworfen, das wohl die Hauptsache, den Köperbau, annähernd richtig wiedergiebt, in Einzelheiten jedoch der Berichtigung bedarf. Wir müssen dem Urmenschen aus so früher Zeit (Pithecanthropus alalus) ohne Sprache noch ein allgemeines Haarkleid zuschreiben; auch das lange Haupthaar ist sicher eine Folge späterer Entwickelung und ein kurzes Wollhaar das ursprüngliche; neueren Ursprungs, eine Wirkung der Eiszeit und des nordischen Klimas, ist auch die Farbenbleichung, das hellgelbe Haar, die weiße Haut, die blauen Augen. Wie man besonders gut an dem Säugling sieht, hat der Künstler die Köpfe dolichocephal dargestellt. Dies vorhin schon erwähnte Wort führt uns auf ein Hauptunterscheidungsmerkmal der Menschenrassen, das Längen-Breitenverhältnis der Schädelkapsel, und es ist daher wohl am Platze, einige Bemerkungen über seinen Wert im Vergleich mit den übrigen Merkmalen einzuschalten.

Als solche dienen hauptsächlich der Knochenbau, die Farbe der Haut, Augen und Haare, die Beschaffenheit der letzteren und die Körpergröße. Je weniger diese Merkmale von äußeren Einflüssen verändert werden, je länger sie schon vererbt sind, um so größer ist offenbar ihre Bedeutung für die Rasseneinteilung. Sehr schwankend ist die Größe: schlechte Ernährung, Inzucht und andere Schädlichkeiten können sie innerhalb weniger Geschlechter ganz erheblich herabdrücken. Daß die schwarze Hautfarbe eine Folge der Sonnenhitze ist, the shadow'd livery of burnish'd sun, wie *Shakespeare* sagt, galt schon im Altertum als ausgemacht und wird durch manche neuere Erfahrung bestätigt. Was aber den Neger so schwarz, den Nordeuropäer weiß zu machen mitgeholfen, kann nicht die Auslese sein, da beide Färbungen unzweckmäßig sind: schwarz nimmt zu viel Wärme auf, und Farbstoffverlust schwächt die Widerstandskraft. Durch Pflanzen- und Tierversuche haben *Bonnier* und *Standfuß* den Nachweis erbracht, daß äußere Verhältnisse abändernd auf Gestalt und Farbe einwirken und daß solche Veränderungen, auch nach Wegfall der Ursachen, sich vererben können. Damit ist ein langdauernder Streit entschieden, und zwar in einem Sinne, der für mich als Arzt niemals zweifelhaft war. Wenn eine Wirkung der Auslese sicher ist, so ist es durch Ausmerzung der Schwächlinge und Kümmerer die Gesunderhaltung der Rassen; wäre sie aber allein wirksam, so müßten die erblichen Krankheiten verschwinden, was leider nicht der

Fall ist. Diese nehmen im Gegenteil, besonders in den Großstädten, in erschreckender Weise zu, ein Beweis, daß die vererbten Folgen wachsender Schädlichkeiten die gesunderhaltende Wirkung der Auslese überwiegen.

Mit der Farbe der Haut ändert sich die der Augen und Haare und, wie das feine, seidenweiche Haar der Albinos zeigt, auch der letzteren Beschaffenheit. Das einzige Merkmal, das, anscheinend unabhängig von äußeren Einflüssen, nur durch Rassenmischung verändert wird, ist die im Verhältnis der Breite zur Länge sich ausprägende (l : br = 100 : x, Index) Schädelform. Weiße und schwarze, hochgesittete und wilde, hochgewachsene und Zwergrassen sind langköpfig, weiße, gelbe, rote und braune, die allergrößten und ganz kleine Menschen, Kulturvölker, Jäger und Wanderhirten sind rundköpfig. Wir müssen also annehmen, daß sich die Gestalt des Schädels in übersehbarer Zeit nicht mehr geändert hat und daß die bestehenden Unterschiede bis zu den Uranfängen der Menschheit zurückreichen. Mit Recht hat daher der Vater der Schädelmessung, *Anders Adolf Retzius,* hierauf die Zweiteilung des Menschengeschlechts, in Langköpfe (dolichocephale, Index bis 80) und Rundköpfe (brachycephale, Index bis 100) begründet. Wenn trotzdem sein Sohn, *Gustav Retzius* (Étude craniologique des races humaines. VII congr. intern. d'anthrop. Stockholm 1874. Compte rendu), entmutigt gestehen mußte: L'étude des crânes des races humaines et sans nul doute l'une des plus in grates des recherches scientifiques, wenn in neuester Zeit ein Anthropologe (*v. Hovorka,* Centralblatt für Anthropologie etc., III. 4) sogar die Frage aufwerfen konnte: Sollen wir weiter messen oder nicht? so kommt dies mit daher, daß man, ohne sich klar zu machen, was dabei zu erreichen ist, den Meßeifer ins Maßlose übertrieb; verlangen doch einzelne Kraniologen, wie *Török*, bis zu 5000 Zahlen von jedem einzelnen Schädel!

Kehren wir nach dieser für die Beurteilung der Rassenfragen unumgänglichen Abschweifung wieder zu unserem europäischen Urmenschen zurück, so finden wir, daß an seinem Schädel, wenn auch die fortschreitende geistige Entwickelung durch Wachstum des Gehirns und Erhebung der anfänglich ganz flachen, fliehenden Stirn sich bemerklich macht, doch das Verhältnis der Breite zur Länge (ungefähr 0,7) für ungeheure Zeiträume, von der ältesten Steinzeit bis zur germanischen Völkerwanderung, in Nordeuropa sogar bis auf den heutigen Tag, das gleiche geblieben. Zu den ältesten in Europa gefundenen Schädeln gehört unstreitig der von Neanderthal (ge-

funden 1856) und der von Spy (gefunden 1886); beide sind einander ungemein ähnlich und haben fast genau die gleichen Maße; an beiden fällt die sehr niedrige Stirn mit ihren gewaltigen Augenwülsten und Stirnhöhlen auf, Zeichen eines unentwickelten Gehirns. Und doch stammen diese Schädel von einer Menschenrasse, die schon rohe Steinwerkzeuge gebrauchte, Schutz in Höhlen suchte und mit dem Rentier, Hirsch, Pferd, Auerochsen, Höhlenbären, also einer der heutigen nahestehenden Tierwelt zusammenlebte. An die frühere Fauna erinnern noch die massenhaften Knochen vom Mammut (E. primigenius) und wollhaarigen Nashorn (Rh. tichorhinus); aber es sind dies nicht mehr die früher hier lebenden Dickhäuter, sondern deren an die Kälte angepaßte Verwandte, woraus hervorgeht, daß inzwischen über Nordeuropa die an gewaltigen Naturereignissen und Umwälzungen so reiche Eiszeit hereingebrochen war. Aus den gerade in diesem Abschnitt reichlicheren Spuren haben manche Forscher geschlossen, daß der Mensch erst während der Eiszeit den Boden unseres Weltteils betreten habe. Dagegen sprechen aber die erwähnten Überbleibsel einer bedeutend früheren Zeit, sowie auch der Umstand, daß Europa zur Eiszeit sicherlich nichts zur Einwanderung Verlockendes an sich hatte.

Auffallend ist auch die Ähnlichkeit dieser Schädel mit denen noch lebender, tiefstehender Rassen in Afrika, Südasien und Australien. Entstammt der Mensch wirklich der Arctogaea, so muß er bei uns früher aufgetreten sein als dort, und es liegt nahe, anzunehmen, daß einst, vor und im Beginne der Eiszeit, ein Strom langköpfiger Menschen durch unseren Weltteil über frühere Landbrücken nach Afrika und von dort ostwärts sich ergossen hat. Mancherlei merkwürdige Thatsachen, Knochenfunde und Erzeugnisse der ältesten Bildhauerkunst, sprechen dafür, daß einstmals auch in unserem Weltteil, wie noch jetzt in Afrika, neben einer hochgewachsenen Menschenrasse auch eine buschmannähnliche Zwergrasse gelebt hat. Nach ihrem Schädelbau müssen auch die Urbewohner von Australien von diesem Völkerstrom stammen, doch sind sie wohl erst spät auf dem Wasserwege dorthin gelangt, da die eigenartige Tierwelt für eine frühe Unterbrechung der Landverbindung spricht. Haben wir uns aber den Ureuropäer so schwarz wie einen Afrikaner vorzustellen? Schwerlich. Das Wahrscheinlichste ist, daß der Mensch der langköpfigen Rasse ursprünglich eine mittlere Färbung hatte und daß allmälig, durch langdauernde klimatische Einwirkungen, die großen Gegensätze von Tiefschwarz und Milchweiß sich herausgebildet haben. Zahllose mittlere Schattierungen bilden eine zusammenhängende Verbindung, teils infolge von

Rassenmischungen, teils wegen der allmäligen Übergänge des Klimas, wie im Regenbogen eine Farbe unmerklich in die andere übergeht. Wie es aber hier darauf ankam, die wenigen Grundfarben zu ermitteln, so dürfen als Grundrassen des Menschengeschlechts auch nur die einander unähnlichsten angesehen werden, unter den Langköpfen der hellfarbige Nordeuropäer (Homo europaeus dolichocephalus flavus) auf der einen, der schwarze Afrikaner (Homo africanus dolichocephalus niger) auf der andern Seite. Als Bindeglied kann man die Südeuropa und einige benachbarte Länder bewohnende, schwarzhaarige und braunäugige — schwarze Augen gibt es wohl in Romanen, nicht aber in der Wirklichkeit — Mittelmeerrasse betrachten (Homo europaeus dolichocephalus meridionalis oder kurzweg Homo dolichocephalus mediterraneus).

Während diese Rassen, bei aller sonstigen Verschiedenheit, durch das gemeinsame Merkmal des länglichen Schädels verbunden erscheinen, zeigt die andere Hälfte der Menschheit eine völlig abweichende, rundliche Kopfbildung. Ihr Verbreitungscentrum liegt, wie auf *Ripleys* Rassenkarte (Appleton's Popular science monthly, march 1897) sehr schön zu sehen ist, im mittleren Asien, wo der Himalaya eine unübersteigliche Scheidewand zwischen Rund- und Langköpfen bildet. Hauptvertreter dieser Rasse sind die mongolischen Völker und als Unterrassen derselben sind die Malayen und amerikanischen Indianer (braune und rote Rasse mancher Ethnologen) zu betrachten. Ihre Merkmale sind: runder Schädel (Breite 0,8—0,9 der Länge), schwarzes, straffes Haar, spärlicher Bart, platte Nase, braune Schlitzaugen, gelbe Haut (daher auch gelbe Rasse, Homo asiaticus brachycephalus fulvus), mittlerer Wuchs. Daß der jetzige Ausstrahlungsmittelpunkt auch das Ursprungsland der Rasse ist, hat wenig Wahrscheinlichkeit; auch sie muß von Norden, der Arctogaea, her sich ausgebreitet haben. Was ursprünglich die Spaltung der Menschheit in Lang- und Rundköpfe verursacht hat, liegt im Dunkel; jedenfalls reicht sie in sehr frühe, vielleicht vormenschliche Zeiten zurück, da ja auch die asiatischen Menschenaffen von den afrikanischen durch ihre runden Schädel sich unterscheiden. So sind wir auf die schon von *Cuvier* in seinem Regne animal angenommenen drei Grundrassen zurückgekommen: weiße und schwarze Langköpfe, gelbe Rundköpfe.

Wenn wir nun zur Bedeutung der Rassen in der Weltgeschichte übergehen, so steht ohne Frage die nordeuropäische, die den Kern aller Kulturvölker bildet und von *Linné* kurzweg Homo europaeus

genannt wird, an der Spitze der Menschheit; ihr verdanken wir allen und jeden Fortschritt, sie hat neue Weltteile, Amerika und Australien, entdeckt, besiedelt und zu Pflanzstätten europäischer Gesittung gemacht. Nach den Entwicklungsgesetzen erscheint es als unmöglich, daß dies jemals anders war, daß einst eine andere Rasse die erste Stelle einnahm und erst später von der nordischen überholt wurde. Im Daseinskampfe der Rassen muß immer die stärkere, besser begabte siegen; wenn es je neben der nordeuropäischen eine solche gegeben hätte, müßte sie jetzt die führende und weltbeherrschende sein. Ich will nicht in Abrede stellen, daß die geschichtliche Überlieferung andere Vorstellungen erweckt: nach ihr hat am Nil und im Zweistromland schon eine reiche Kultur geblüht, als Nordeuropa, noch nicht vom Licht der Geschichte bestrahlt, in tiefem Dunkel lag. Je mehr aber die Altertumsforschung in die Vorgeschichte dieser Länder eindringt, desto deutlicher tritt es zu Tage, daß auch sie in uralter Zeit mächtige Zuflüsse nordischen Blutes und ureuropäischer Kultur erhalten haben. Thatsache ist es, daß diese zur Mittelmeerrasse gehörenden semitischen und halbsemitischen Völker nicht im stande waren, aus eigener Kraft ihre Reiche und Gesittung zu erhalten, sondern nordischen Eroberern, Persern, Makedoniern und Römern, zur Beute fielen. Hellas und Rom waren nur so lange mächtig und blühend, als die nordische Rasse — daß das Verbreitungscentrum dieser Rasse in Skandinavien zugleich die langgesuchte Urheimat der «Arier» ist, habe ich zuerst vor 17 Jahren ausgesprochen — vorherrschend war. Nach deren Aussterben war ihr Schicksal besiegelt, und die Weltherrschaft ging an die Germanen über, deren kriegerische Scharen von Norden her den gealterten Weltteil mit neuen Wellen urwüchsigen arischen Volkstums überfluteten und verjüngten. Der gleiche Vorgang wiederholt sich vor unseren Augen: die romanischen Völker, deren nordisch-germanische Bestandteile allmälig aufgebraucht sind, befinden sich in unaufhaltsamem Niedergang und können solchen germanischer Rasse nicht standhalten. Wenn ich sage «germanische Rasse», werde ich meinen eigenen Grundsätzen untreu, denn ich habe immer die verwirrende Verquickung des rein naturwissenschaftlichen Begriffs «Rasse» mit geschichtlichen Völkernamen bekämpft. Bei den Germanen aber ist eine solche Verwechslung verzeihlich, denn sie traten in die Geschichte als reine Vertreter der nordeuropäischen Rasse. Das Urteil des großen Sittenschilderers unserer Vorfahren: Ipse eorum opinionibus accedo, qui Germaniae populos nullis aliarum nationum connubiis infectos propriam et sin-

ceram et tantum sui similem gentem exstitisse arbitrantur, hat 1800 Jahre später durch die Schädelmessung volle Bestätigung erhalten, die Schädel der germanischen Reihengräber aus den ersten Jahrhunderten sind von reinster Rasse. Das Wort infectos macht dem Scharfblick des alten Römers alle Ehre; denn er erkennt dadurch die germanische Rasse als edelste an, die durch Vermischung mit benachbarten Völkern nur verlieren, nicht gewinnen konnte. Einer der ersten, der die weltgeschichtliche Bedeutung der weißen Rasse und der Germanen richtig erkannte, war merkwürdigerweise ein Franzose, der neuerdings wieder mehr beachtete Graf *Gobineau*, allerdings der Abkömmling eines edlen normännischen Geschlechts, das seinen Stammbaum bis nach Norwegen verfolgen kann. Das Ringen dieses Mannes nach einer neuen, auf die Ungleichheit der Menschenrassen (Essai sur l'inégalité des races humaines, 1853) sich stützenden Weltanschauung macht einen merkwürdigen Eindruck; es fehlte ihm aber, wie seiner Zeit überhaupt, die sichere naturwissenschaftliche Grundlage für seine Lehre.

Obgleich die Germanen, stolz auf ihr reines und edles Blut, anfänglich jede Rassenmischung verabscheuten, war eine solche im Laufe einer 2000jährigen Geschichte doch unausbleiblich. Wenn wir uns heute unter unsern Landsleuten, besonders in Süddeutschland, umschauen, so sind die hellen Haare und rein blauen Augen in der Minderheit. Und gar die Schädel! Unsere anthropologischen Untersuchungen der badischen Bevölkerung (ungefähr 30000 Mann) haben einen durchschnittlichen Index von 83 ergeben, das ist ungefähr um 10 Einheiten höher als bei den Alemannen und Franken, die einst dies Land erobert und besiedelt haben. In *Treitschkes* Aufsatz über «Ludwig Uhland» fand ich kürzlich den für einen Anthropologen spaßhaften Satz, daß «die fortschreitende Kultur das Haar unserer Mädchen gebräunt hat». Nun, einem Manne wie *Treitschke*, dem bei all seiner Bedeutung und umfassenden Bildung doch naturwissenschaftliche Kenntnisse völlig abgingen, wird man einen solchen Ausspruch verzeihen können, wenn aber durch naturwissenschaftlich-medizinische Schule gegangene Anthropologen, wie z. B. der verstorbene *Schaaffhausen*, ebenfalls die «Kultur» für das Rundwerden der Schädel verantwortlich macht, so gibt es dafür keine Entschuldigung.

Der Rassenwechsel — denn er allein hat diese Veränderungen verursacht — beruht auf der ungleichen Vermehrung zweier oder dreier ein Volk bildender Rassen, auf stärkerem Verbrauch der einen, zäherem Ausdauern der andern und ist eine der merkwürdigsten und

folgenschwersten Erscheinungen im Völkerleben, ihre Feststellung eine der größten Leistungen, ihre genauere Erforschung eine der wichtigsten Aufgaben der Anthropologie. Die Rasse, die in Mitteleuropa nördlich vom Alpenwall langsam und unmerklich die nordische verdrängt, ist eine schwarzhaarige, rundköpfige. Wo kommt sie her? Wir kennen kein anderes Ausstrahlungsgebiet der Rundköpfe als Mittelasien; von dort müssen also auch die europäischen herstammen. Ihre ersten Vorläufer finden sich in der neueren Steinzeit und sind wahrscheinlich, als Mitteleuropa nach der Eiszeit mit Steppen bedeckt und fast menschenleer war, mit asiatischen Steppentieren westwärts vorgedrungen. Als die arischen Wanderungen mächtiger anschwollen und in immer neuen Strömen über unsern Weltteil und selbst dessen Grenzen hinaus sich ergossen, wurden sie zurückgedrängt und unterjocht; als aber der Zufluß aus dem Norden stockte, fingen sie an, sich zu vermehren und die edlere Rasse zu überwuchern. Kulturträger sind sie nicht gewesen, eine politische Rolle haben sie nie gespielt und ursprünglich nur die untersten Volksschichten gebildet. In geschichtlicher Zeit hat sich die Einwanderung von Rundköpfen aus dem Osten wiederholt. Hunnen, Avaren, Magyaren und Türken sind in Europa eingefallen und zum Teil seßhaft geworden.

Es bleibt nun noch zu erörtern übrig, welchen natürlichen Ursachen die nordeuropäische Rasse — auch in wissenschaftlichen Werken wird sie manchmal noch ‹kaukasische› genannt, bloß weil *Blumenbach* ihren Ursprung auf dem Kaukasus vermutete — ihre Überlegenheit verdankt. Sicherlich sind ihre körperlichen Eigenschaften eine Wirkung des Nordens, der mit seinem Wolkenhimmel und den langen Winternächten im Lauf der Jahrtausende die Farben gebleicht, durch Entbehrung und Kälte die Leiber stark und wetterhart, aber auch empfindlich für Hitze gemacht hat (minimeque sitim aestumque tolerare, frigora atque inediam coelo solove assueverunt. Tac. Germ. 4). Was die geistigen anlangt, so werden wir schon aus den angedeuteten entwicklungsgeschichtlichen Gründen die höchstentwickelten Menschen in der Nähe ihres Ursprungslandes suchen, aber auch die Eiszeit mit ihren Nöten und Gefahren, gegen die der Nordeuropäer viele Jahrtausende lang mit der größten Anstrengung und Aufbietung aller Geisteskräfte ringen mußte, hat gewiß das Ihrige dazu beigetragen, daß die wenigen Überlebenden, als Auslese der Besten aus der härtesten Schule hervorgegangen und dadurch allen andern überlegen, von Erfindung zu Erfindung fortgeschritten (der Übergang von der alten zur neueren Steinzeit ist in der Landschaft

Schonen erfolgt) und bis zur Höhe unserer heutigen Kultur emporgestiegen sind.

Aus diesen ganz auf unanfechtbarer naturwissenschaftlicher Grundlage ruhenden Anschauungen habe ich die sich ergebenden ethnologischen, archäologischen, historischen, sprachlichen, kolonial- und socialpolitischen, kultur- und kunstgeschichtlichen Schlüsse gezogen, wodurch manche früher rätselhafte Erscheinung ihre einfache Erklärung, manche alte Streitfrage eine überraschende Lösung gefunden hat. Daß diese Schlußfolgerungen, als umstürzlerisch und unbequem, anfangs auf heftigen Widerstand gestoßen und auch jetzt erst teilweise anerkannt sind, ist wohl begreiflich. Widerlegt ist keine von allen.

Entwurf zu einer vergleichenden Morphologie der Flechten-Spermogonien.

Von Dr. Hugo Glück.

Die mikroskopischen Untersuchungen der vorliegenden Arbeit wurden zum größten Teil im kryptogamischen Laboratorium der Universität Halle a. S. ausgeführt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, dem Leiter dieses Instituts, Herrn Professor Dr. *W. Zopf*, auch an dieser Stelle meinen wärmsten Dank auszusprechen. Auf seine Anregung hin habe ich diese Arbeit in Angriff genommen und hat derselbe dem Fortgang meiner Studien stets das regste Interesse entgegengebracht.

An zweiter Stelle ist es Herr Dr. *F. Arnold* in München, dem ich ebenfalls zu vielem Dank verpflichtet bin. Abgesehen davon, daß mir von ihm verschiedenes Untersuchungsmaterial übermittelt wurde, fanden durch ihn viele fragliche Punkte ihre Erledigung, was bei der zerstreuten und oft schwer zu beschaffenden lichenologischen Litteratur sonst kaum möglich gewesen wäre.

Einleitung.

Begriffsbestimmung. Unter Spermogonien verstehe ich im Folgenden alle diejenigen Fruchtbehälter der Ascolichenen, in welchen Conidien erzeugt werden.

Dieser Begriff fällt somit zusammen mit demjenigen der Conidienfrüchte, wie er in *Zopfs* Handbuch der Pilze, und mit demjenigen der Pykniden, wie er in *Brefelds* Schimmelpilzen gefaßt worden ist.

Ich verbinde also mit dem Begriff der Spermogonien nicht den engeren, physiologischen Sinn, den man ihm früher vielfach unterlegte, nämlich den Sinn von Behältern, die besonders kleine, keimungsunfähige, als männliche Sexualzellen fungierende Conidien erzeugen, sondern einen rein morphologischen. Der Grund, warum ich den Namen Spermogonien und nicht den der Pykniden benutze, liegt lediglich darin, daß jener in der Flechtenlitteratur allgemein eingebürgert ist.

Historische Entwicklung der Spermogonienkenntnis. Die erste Beobachtung über Flechtenspermogonien dürfte aus dem Jahr 1741 stammen, und zwar von *Joh. Jac. Dillenius*[1]), der in seiner «Historia Muscorum» unbewußt auch einige Spermogonien tragende Flechten mit zur Darstellung gebracht hat. Die diesen Abbildungen zu Grunde liegenden Originalien, die in Oxford noch aufbewahrt werden, hat *Crombie*[2]) einer Revision unterzogen. So vortrefflich und naturgetreu auch die Darstellungsweise des *Dillenius* genannt werden muß, so konnten doch nur durch eine Nachuntersuchung der Originalexemplare die Spermogonien tragenden Thalli in genannten Abbildungen mit Sicherheit wiedererkannt werden. Als solche erwiesen sich die Fig. 6 H auf Tab. XIV (= Cladonia verticillata *Hoff.*), die Fig. 14 E auf Tab. XV. (= Cladonia bellidiflora *Ach.*), die Fig. 23 auf Tab. XVI. (= Cladonia crispata form. ventricosa *Del.*), die Fig. 38 A auf Tab. XVII (= Ramalina cuspidata form. cornuta *Ach.*) und die Fig. 45 B und C auf Tab. XX (= Anaptychia ciliaris *D. C.*). Letztgenannte Flechte wird von *Dillen* in die Gruppe der «Lichenoides» und die übrigen in die der «Coralloides» eingereiht. In Wirklichkeit jedoch muß *Joh. Hedwig* als der Entdecker der Flechtenspermogonien bezeichnet werden. Und zwar sind es die großen, auffälligen Spermogonien der Anaptychia ciliarsis gewesen, denen *Hedwig* zum erstenmal eine eingehendere Beschreibung gewidmet hat in seiner «Theoria generationis et fructificationis plantarum cryptogamicarum»[3]) aus dem Jahr 1798. Das Habitusbild (Tab. XXXII) und der Spermogonienlängsschnitt (Tab. XXXIII, Fig. 1), den *Hedwig* von genannter Flechte giebt, sind zwar ziemlich primitiv, können aber dennoch, zumal unter Beachtung des Textes (pag. 204—207), keineswegs verkannt werden. Ebenso wie die pulverigen Soredien mancher Flechten (Parmelia physodes, Sticta pulmonacea u. a.) faßte *Hedwig* die Spermogonien ihrer Funktion nach auf als männliche Befruchtungsorgane, die er bald «punctula mascula», bald

[1]) Die erste Auflage dieses Werkes, das 85 Kupfertafeln in Folio enthält, erschien im Jahre 1741 in Oxford; während die zweite, mir vorliegende Auflage mit den nämlichen Tafeln im Jahre 1763 in London herauskam.

[2]) On the Lichens of *Dillenius*'s «Historia Muscorum» as illustrated by his Herbarium. By the Rev. *James M. Crombie.* (The Journale of the Linnean Society; Botany, vol. XVII, pag. 553.)

[3]) *Johann Hedwig*, Theoria generationis et fructificationis plantarum cryptogamicarum Linnaei. cum Tab. XLII coloratis. Lipsiae MDCCXCVIII. retracta et aucta. Die erste, mir nicht bekannte Ausgabe dieses Werkes erschien bereits im Jahre 1784 in Petersburg.

«flores masculi» nennt. Im Gegensatz zu *Hedwig* erblickt *Fr. Rebentisch* in den Spermogonien der letzgenannten Flechte einen parasitischen Pilz, der in dem «Prodromus Florae neomarchicae» (aus dem Jahr 1804, pag. 339) als Sphaeria Lichenum beschrieben wird. Der erste, welcher die Spermogonien von einer größeren Anzahl Flechten kennen lehrte, war *Erik Acharius*, der sie in seiner bereits im Jahre 1810 erschienenen «Lichenographia universalis» mit dem Namen «Cephalodien»[1]) belegte. Über ihre Natur läßt sich *Acharius* folgendermaßen (pag. 10) aus: «Ad apothecia secundi ordinis seu accessoria a me numerantur Cephalodia, Cyphellae et Pulvinuli, quibus forte etiam addi possunt Soredia». Und auf der folgenden Seite (pag. 11) giebt *Acharius* noch eine besondere Beschreibung seiner Cephalodien mit folgenden Worten: «Tuberculorum ad instar minutulorum vel etiam majorum e thalli substantia corticali excrescunt cephalodia et supra eum prominent, ut plurimum colurata, seu colore a thallo diverso facile distinguibilia, forma convexa, hemisphaerica, globosa, vel supra parum impressa, et inde in ambitu submarginata, plana integra et subcrenata, sessilia, rarius subpodicellata, solida, intus parenchymate laminae proliferae consimili referta et similari, h. e. gongylos nidulantes nudos fovente, vel etiam cellulas seu vesiculas oblongas clavatas simul includente. Haud constanter in omnibus speciebus ejusdem Generis occurrunt et figura etiam variant in singula specie, atque in omnibus ejusdem speciei individuis frustra quaeruntur. Ob has rationes e numero apotheciorum verorum exclusi, utpote minus constantia, licet cum illis in omnibus alias convenire videantur.» Von Abbildungen der Cephalodien findet sich bei ihm nur eine einzige vor (Tab. IX, Fig. 6E); und zwar stellt diese einen Längsschnitt durch zwei Spermogonien von Anaptychia ciliaris dar. Der primitiven, aber dennoch gut erkennbaren Figur wird (pag. 95) folgende Erklärung mitgegeben: «Thalli pars una cum duobus Cephalodiis in eodem Lichene elevatis, perpendiculari sectione, quorum substantia intus solidiuscula subgelatinosa, gongylos in massulas congestos continet, m. valde a.»

Nach dem Erscheinen der epochemachenden Lichenographia universalis des *Acharius* finden sich bis in die fünfziger Jahre nur sehr sporadische und notdürftige Notizen hinsichtlich der Flechtenspermo-

[1]) Gegenwärtig bezeichnet man mit diesem Terminus bekanntlich eigentümliche, oft knötchenförmige Bildungen am Flechtenthallus, die stets fremdartige Algen einschließen.

gonien. Während die einen, zu denen auch *Sprengel*[1]) und *v. Flotow*[2]) gehören, die parasitäre Natur der Spermogonien im Sinne von *Rebentisch* weiterverfochten, erhoben andere, wie z. B. *Schaerer*, *Archer*, *Wallroth*, unbekümmert um die Natur dieser Organe, Spermogonien tragende Individuen zu besonderen Varietäten oder Arten. Erst etwa vom Jahr 1850 ab beginnt mit der zunehmenden Vervollkommnung der optischen Hilfsmittel auch das Interesse für die immer noch rätselhaften Organe am Flechtenthallus ein regeres zu werden. Zunächst tauchte die alte *Hedwig*'sche Ansicht von der Sexualfunktion der Spermogonien wieder auf und fand ihren Vertreter in *H. Itzigsohn* (Bot. Zeitung 1850 und 1851), der an den Spermatien von Anaptychia ciliaris eine aktive Bewegung zu beobachten glaubte. Demnach mußten die Flechtenspermogonien den Antheridien höherer Kryptogamen analog sein und die Spermatien die befruchtende Funktion der Sparmatozoiden besitzen. Zu der gleichen Ansicht ließ sich auch der um die Morphologie der Thallophyten hochverdiente französische Botaniker *Tulasne* gewinnen. *Tulasnes* exakte Untersuchungsmethode stellte jedoch sehr bald fest, daß die angebliche aktive Bewegung der Spermatien auf optischer Täuschung beruhe und nichts anderes sei als die sogenannte *Brown*'sche Bewegung, die jedes hinreichend kleine Körperchen unter dem Mikroskop zeige, und die gelegentlich auch sehr kleine Spermatien zeigen (Comptes rendues 1851, Tome XXXII). *Tulasne* nannte daher die bis jetzt als «Spermatozoiden» bezeichneten Körperchen «Spermatien» und die zugehörigen Behälter «Spermogonien». Bereits im Jahre 1852 veröffentlichte *Tulasne* sein «Memoire pour servir à l'histoire organographique et physiologique des lichens»[3]), die erste grundlegende Arbeit auf dem Gebiet der Flechtenmorphologie, in der er den Bau einer größeren Anzahl von Flechtenspermogonien näher beschreibt und vortrefflich abbildet. Inzwischen hatte *Tulasne* auch für eine Reihe von Pilzen die Spermogonien aufgefunden und die Beobachtung gemacht, daß manche Pilzspermatien auskeimen und Mycelien erzeugen können. Die Flechtenspermatien zur Auskeimung zu bringen, glückte ihm nicht; und darum konnte auch der Glaube an die männliche Funktion der letzteren nicht definitiv beseitigt werden.

---

[1]) *Sprengel*, «Neue Entdeckungen im ganzen Umfang der Pflanzenkunde», 1. Band, Leipzig 1820. Das daselbst notdürftig neu beschriebene Endocarpon athallon bildet sicherlich nur die Spermogonien der Parmelia caesia.

[2]) *v. Flotow* bezeichnet die Spermogonien einer Krustenflechte als einen Parasiten (Bot. Zeitung 1850, pag. 569—570).

[3]) Annales des sciences nat. bot. III. sér., tom. 17.

Einige Jahre nach dem Erscheinen von *Tulasnes* Memoire trat 1858/59 *W. L. Lindsay* mit einer Abhandlung über die Spermogonien der Blatt- und Strauchflechten auf, der später im Jahre 1870 eine zweite Abhandlung betreffend die Spermogonien der Krustenflechten folgte. Diese Arbeiten, deren umfangreicher Stoff systematisch angeordnet ist, enthalten eine Fülle von Beobachtungen über die Verteilung der Spermogonien am Thallus, sowie über den äußeren und inneren Bau dieser letzteren. Es waren zwar von den fünfziger Jahren ab durch die rastlose Thätigkeit vieler Systematiker wie *E. Schaerer*, *A. Massalongo*, *W. Körber*, *W. Nylander* und *Th. Fries* die Spermogonien für zahlreiche Flechten aufgefunden worden, und auch die bereits seit *Tulasne* erkannte Verschiedenheit des Basidienapparates sollte als Erkennungsmerkmal in die Systematik eingeführt werden[1]), aber dennoch wurde dadurch unsere Kenntnis von der Morphologie der Spermogonien nur sehr wenig gefördert. Es ist daher ein nicht zu unterschätzendes Verdienst von *Lindsay* gewesen, daß er zum erstenmal die Flechtenspermogonien zum Gegenstand besonderer Untersuchung machte. Aber leider muß man sagen, daß *Lindsays* Untersuchungen mehr ausgedehnt als exakt waren; namentlich verraten seine Abbildungen des Basidienapparates einen hohen Grad von Dilettantismus. So kam es, daß *Lindsays* Arbeiten allmälig in Vergessenheit gerieten und von seiten namhafter Botaniker kaum beachtet wurden. Gegen die Untersuchungen *Tulasnes* treten diejenigen von *Lindsay* sehr zurück und seine Angaben dürfen nur mit großer Vorsicht benutzt werden.

Hinsichtlich der physiologischen Bedeutung der Spermatien äußert sich *Lindsay* in seiner zweiten Abhandlung (pag. 201—204) mit Recht dahin, daß die Ansicht von der sexuellen Funktion derselben nicht genügend durch Thatsachen begründet sei. Diese Erkenntnis gewann u. a. auch *E. Stahl*. Und da dieser im Jahre 1877 die Entdeckung machte, daß bei Collema microphyllum und noch anderen Collemaceen Askogone vorkommen, die mit einem an die Trichogyne der Florideen erinnernden, die Oberfläche des Thallus durchbrechenden Fortsatze versehen sind, so lag die Vermutung sehr nahe, es möchten die Spermatien genannter Flechten mit jenen trichogynartigen Organen in Verbindung treten. In der That fand er bei Collema microphyllum, daß die Conidien mit der Trichogyne fusionieren, sodaß ihr Plasma mit dem der Trichogyne in Kontinuität tritt. *Stahl* folgerte

[1]) *Nylander*, De momento characterii spermogoniorum notula (Flora 1862) und Syn. meth. Lich., pag. 34ff.

aus dieser Beobachtung, sowie aus dem weiteren Verhalten von Trichogyne und Askogon, daß hier ein Befruchtungsakt vorliege und daß, wenigstens in einem sicher konstatierten Fall, die Spermatien als männliche Befruchtungszellen funktionieren; eine Ansicht, zu der sich auch *de Bary* bekannte («Vergleichende Morphologie der Pilze etc.» 1884, pag. 229). Es muß jedoch hervorgehoben werden, daß weder *Stahl* noch *de Bary* aus dieser einen Beobachtung die Sexualfunktion für alle Flechtenspermatien deduzierten.

Bei dem gegenwärtigen Standpunkt der Kenntnis der Sexualitätsvorgänge darf jedoch die *Stahl*'sche Beobachtung keineswegs als ein Sexualakt gedeutet werden; da das Wesen eines solchen nicht in der Verschmelzung zweier Protoplasmakörper, sondern in der Verschmelzung von zwei geschlechtlich differenzierten Kernen zu erblicken ist. Eine Verschmelzung zwischen Spermatiumkern und Trichogynkern hat aber weder *Stahl* noch irgend ein anderer bei Collema je beobachtet. Somit bleibt immer noch der Verdacht bestehen, daß hier eine der gewöhnlichen vegetativen Fusionen vorliegt, wie sie bekanntlich so häufig zwischen Pilzsporen und Pilzfäden, die miteinander in nahe Berührung kommen, zu beobachten ist.

Daß die Spermatien der Flechten Sexualorgane seien, glaubte man auch aus ihrer vermeintlichen Unfähigkeit zur Auskeimung schließen zu müssen. Es gelang jedoch inzwischen *A. Möller* in seiner Dissertation «Über die Kultur flechtenbildender Askomyceten ohne Algen» im Jahre 1887 den experimentellen Beweis zu erbringen, daß gewisse Flechtenspermatien nicht nur keimfähig sind, sondern sogar wohl entwickelte Mycelien erzeugen können, die unter günstigen Verhältnissen sogar Conidienfrüchte erzeugen, deren Spermatien identisch sind mit den ausgesäten. Die Flechten, deren sich *Möller* bei seinen Kulturversuchen bediente, sind Buellia punctiformis *Hoff.*, Opegrapha subsiderella *Nyl.*, O. atra *Pers.*, Calicium parietinum *Ach.* und C. trachelinum *Ach.* gewesen. Leider versäumte *Möller*, die Spermatien von Collema microphyllum, an denen *Stahl* seine Untersuchungen anstellte, auf ihre Keimfähigkeit hin zu prüfen.

Was nun die vorliegende Arbeit anlangt, so ist es mein Bestreben gewesen, hauptsächlich den Bau einer größeren Anzahl von Spermogonien vergleichend zu studieren, und soweit möglich, auch das entwicklungsgeschichtliche Moment zu berücksichtigen, das bisher fast ganz vernachlässigt wurde. Bei den einen Flechten ist mir letzteres geglückt, bei den anderen aber stellten sich mir solche

Schwierigkeiten in den Weg, daß ich von der Verfolgung des ganzen Entwickelungsganges Abstand nehmen mußte.

Terminologisches. Wie bereits gesagt, verstehe ich unter Flechtenspermogonien jede Art von Conidienfrüchten bei Flechten. Andere bezeichnen die Conidienfrüchte als Pykniden. Die Conidien nenne ich schlechtweg Conidien oder Spermatien, während man sie sonst auch als Stylosporen oder Pyknoconidien bezeichnet. Viele Autoren jedoch, zu denen besonders Systematiker gehören, ziehen einen Unterschied zwischen Spermogonien und Pykniden. Zu den erstgenannten werden dann nur solche Conidienfrüchte gezählt, die sehr kleine oder doch wenigstens sehr schmale, wenn auch oft lange Conidien (= Spermatien) einschließen; während unter Pykniden nur solche Conidienfrüchte verstanden werden, die große und verhältnismäßig breite Conidien (= Stylosporen) erzeugen. Weitaus der Mehrzahl aller Flechten kommen Spermogonien im letztgefaßten Sinne zu; und verschwindend gering ist die Zahl aller derjenigen Flechten, denen Pykniden s. st. zukommen. Bei gewissen Flechten werden zweierlei Conidienfrüchte, Spermogonien und Pykniden als ein und demselben Thallus angehörig beschrieben. Aber sicherlich sind diese Pykniden als zweite Conidienfrucht neben den Spermogonien in den meisten Fällen sehr zweifelhafte Bildungen, bei denen es sich zunächst um Conidienfrüchte von pilzlichen Parasiten der betreffenden Flechten handelt[1]). Wenn man z. B. an der Pyknidenfrucht den Zusammenhang mit einem fremdartigen Mycel entdecken kann, das von dem Flechtenpilz verschieden ist, sei es in der Gestalt oder in dem Verhalten gegen Reagentien, so liegt sicherlich ein parasitisches Gebilde vor. Kann ein derartiger Beweis nicht geführt werden, so ist allerdings die Zugehörigkeit der Pyknide als zweite Conidienfrucht neben dem Spermogonium nicht unwahrscheinlich. Aber dann wird wirklich entscheidend immer nur das Kulturexperiment sein. Meines Wissens ist bis jetzt erst ein einziger solcher Beweis geführt worden; und zwar von *A. Möller* (vergleiche weiter unten die Keimfähigkeit der Spermatien) für die Pykniden und Spermogonien zweier Krustenflechten. Außer den schon angeführten Gründen, die in seltenen Fällen für das Vorkommen von zweierlei Spermogonien sprechen, mag auch noch eine Analogie mit den pilzlichen Askomyceten Erwähnung finden.

---

[1]) *Zopf*, Übersicht der auf Flechten schmarotzenden Pilze (Hedwigia, Band XXXV, 1896); und Untersuchungen über die durch parasitische Pilze hervorgerufenen Krankheiten der Flechten (Nova acta Leop.-Carol.-Acad., Band 70, 1897).

So hat z. B. *H. Bauke*[1]) bei Pleospora herbarum und *W. Zopf*[2]) bei Fumago mehrere Conidienfrüchte aufgefunden, deren Zugehörigkeit zu ein und demselben Individuum zu beweisen, ebenfalls auf dem Wege der Kultur möglich gewesen ist.

Abschnitt I.
Die Stellung der Spermogonien am Thallus.

Der Thallus der Flechten kann bekanntlich fadenförmig, strauchig, blattartig oder krustig entwickelt sein. Der fadenförmige und strauchige Thallus besitzt drehrunde Äste, die im Querschnitt deutlich radiär gebaut sind und eine radiäre Anordnung von Algenzellen und Pilzhyphen erkennen lassen. Der blatt- und krustenartige Thallus dagegen ist dorsiventral gebaut. Die dem Substrat zugekehrte Unterseite ist zumeist schon durch ihre Farbe und Rhizoïdbildung von der Oberseite verschieden; während im Querschnitt die Algenzellen nur an der nach oben zu sehenden Seite sich vorfinden, wenn wir jetzt einmal absehen von den wenigen homöomer gebauten Formen.

Die einzelnen Ausbildungsformen des Flechtenthallus sind, was sich wohl von selbst versteht, durch eine Reihe von Zwischenformen miteinander verbunden. Die Mehrzahl dieser Formen nimmt eine solche Stellung nur hinsichtlich der äußeren Form ein und kann mit Beachtung der Lagerungsverhältnisse der Algenzellen im Thallus zum Teil den radiären, zum Teil den bilateralen Formen noch eingereiht werden.

Ramalina calicaris und scopulorum z. B., deren Thallus in lange, breitblättrige Äste zerschlitzt ist, läßt im Querschnitt deutlich eine allseitige Anordnung der Algenzellen erkennen und kann demnach in dieser Hinsicht als radiär gebaut bezeichnet werden (Tafel II, Fig. 8). Gewisse Everniaarten dagegen, deren Thallus in viele, sehr schmale Äste zerschlitzt ist, zeigen im Querschnitt eine entschieden einseitige Anordnung der Algenzellen. Wir haben somit ein dorsiventrales Gebilde vor uns, obwohl man hinter den schmalen Thallusästen viel eher einen radiären Bau vermuten könnte als hinter den breit bandförmigen Thallusästen von Ramalina.

Während ebengenannte Arten infolge ihres heteromeren Baues immer noch den radiären, eventuell bilateralen Formen eingereiht werden konnten, nehmen gewisse Flechten, die ebenfalls schmale

---

[1]) Bot. Zeitung 1877.

[2]) Verhandlungen der Leop.-Carol.-Akademie der Naturforscher 1878.

Thallusäste, dabei aber einen homöomeren Bau ihres Thallus besitzen (z. B. manche Collemaceen), genau eine Mittelstellung zwischen bilateralen und radiären Formen ein.

Äußerst selten sind Fälle, in denen die Lagerung der Gonidien bei der nämlichen Flechte eine so verschiedene ist, daß der Thallus in dieser Hinsicht bald als dorsiventral, bald als radiär bezeichnet werden kann. Solches gilt von dem strauchigen Thallus der Alectoria tristis und Parmelia lanata. Tab. II, Fig. 3, zeigt einen bilateralen Querschnitt von Alectoria tristis, während bei *Schwendener* (Tab. IV, Fig. 3 und 5) auch radiäre mit dargestellt sind. Tab. II, Fig. 9, zeigt einen radiären Querschnitt von Parmelia lanata, während bei *Reinke* (in Fig. 106 II, pag. 388) auch ein bilateraler dargestellt ist.

Da hier nicht der Platz ist, um auf die noch so interessante Morphologie des Flechtenthallus näher einzugehen, so möchte ich auf die über diesen Gegenstand bereits vorliegenden Arbeiten von *Schwendener*[1]) und *Reinke*[2]) verweisen.

A. Stellung der Spermogonien an dorsiventralen Thallusteilen.

Wenn wir zunächst den dorsiventral gebauten Thallus in Betracht ziehen, so pflegt die Stellung der Spermogonien entweder flächenständig oder randständig zu sein; seltener dagegen findet sich eine Vermengung von randständigen und flächenständigen Spermogonien an ein und demselben Thallus vor.

a. Flächenständige Spermogonien.

Diese können gleichmäßig über den ganzen Thallus zerstreut oder bald mehr, bald weniger auf die peripheren Teile des letzteren beschränkt sein.

α) Flächenständige Spermogonien, die gleichmäßig über den ganzen Thallus zerstreut sind, finden sich bei folgenden Flechten mit krustigem Thallus[3]):

Lecanora atra *Ach.*
» subfusca *Ach.*
» sulphurea *Ach.*
» varia var. pallescens *Sch.*

---

[1]) Untersuchungen über den Flechtenthallus.

[2]) Skizzen zu einer vergleichenden Morphologie des Flechtenthallus.

[3]) Bei der Verteilung der Spermogonien am Thallus konnten viele Angaben von *Lindsay* und anderer Systematiker mit verwendet werden.

Blastenia ferruginea *Huds.*
» arenaria *Pers.* (= Lecan. Lallavei *Clem.*)
Aspicilia cinerea *Ach.*
Urceolaria scruposa *Ach.*
» actinostoma *Pers.* (*Tulasne*, T. IV, Fig. 1.)
Bacidia endoleuca *Nyl.* (= Lecid. atrogrisea *Del.*)
Opegrapha vulgata *Ach.*
» rufescens *Pers.* (= O. herpetica *Ach.*)
» atra *Pers.*
» varia *Pers.*
» calcaria *Ach.* (*Tulsn.*, Tab. II, Fig. 9.)
Arthothelium Flotowianum *Kbr.*
Lecidea crustulata *Ach.*
» elaeochroma *Ach.*
» disciformis *Fr.* var. saprophila *Ach.*
» myriocarpa *D. C.*
Gyalecta pineti *Ach.*
Arthonia astroidea *Ach.*
» lurida *Ach.*
Chiodecton myrticola *Fée.* (*Tulsn.*, Tab. X, Fig. 24.)
Coniocarpon gregarium *Weig.*
Coniangium exile *Flk.*
Acrocordia gemmata *Ach.*
Coniocybe nivea *Hoff.*
Verrucaria epidermidis *Ach.*
» cinerella *Flot.*
» glabrata *Ach.*
» umbrina *Whlbg.*
» lectissima *Fr.*

Bei folgenden Flechten, die vorwiegend einen blattartigen Thallus besitzen, finden sich ebenfalls über die ganze Thallusfläche zerstreute Spermogonien:

Parmelia moniliformis *Bab.*
» stygia *Ach.*
» pulverulenta *Fr.*
» conspersa *Ach.*
» stellaris *Fr.*
» obscura *Fr.*
Pyxine coccoës *Ach.*[1])

[1]) Aber ebenso häufig sind hier die Spermogonien auf den äußeren Teil des Thallus beschränkt.

Sticta damaecornis *Ach.* var. macrophylla *Hook.*[1])
» obvoluta *Ach.*
» carpoloma *Del.*
Gyrophora hirsuta *Ach.*[1])
» hyperborea var. convoluta *Linds.*[2])
Placodium alphoplacum *Whl.*
» chrysoleucum *Kbr.*
» Lagascae *Fr.*
» crassum *(Huds.) Th. Fr.*
» circinatum *Pers.*
Thalloëdema candidum *Ach.*
Psora decipiens *Kbr.*
Collema flaccidum *Ach.*
Endocarpon fluviatile *D. C.*

Den ebengenannten Flechten muß noch eine Anzahl Cladonien angereiht werden, welche auf den blattartigen Schuppen des Primärthallus oder auf denen der Podetien ebenfalls zerstreute, flächenständige Spermogonien tragen.

Zu den erstgenannten gehören u. a. auch folgende:
Cladonia alcicornis *Flk.* (*Krabbe*, Tab. IX, Fig. 8.)
» caespiticia *Pers.* (l. c., Tab. IX, Fig. 5.)
» pityrea *(Ach.) Flk.* (l. c., Tab. IX, Fig. 19.)
» endiviaefolia *Dicks.* (l. c., Tab. IX, Fig. 12.)
» macilenta *Hoff.* (l. c., Tab. X, Fig. 18.)
» incrassata *Flk.* (l. c. Tab. X, Fig. 3—5.)
» cariosa *Ach.* (l. c. Tab. IX, Fig. 15, 19, 20.)
» pyxidata (L.) *Fr.*[3])
» botrytes (Hag.) *Wlld.*[3])
» Floerkeana (Fr.) *Sommf.*[3])
» coccifera (L.) *Wlld.*[3])
» furcata *Schrd.*[3])
» squamosa *Hoffm.*[3])
» delicata *Flk.*[3])

Weit geringer ist die Zahl derjenigen Cladonien, die auf den Podetiumschuppen flächenständige Spermogonien tragen; so nach *Wainio* bei:

---

[1]) Hier nur gelegentlich.
[2]) *Lindsay* I, Tab. IX, Fig. 1.
[3]) Nach *Wainios* Angabe.

Cladonia crispata *Ach.*
» elegans *Müll. Arg.*
» delicata *Ehrh.*
» leptophylla *Flk.*
» decorticata *Flk.*
» acuminata *Norll.*

β) Flächenständige Spermogonien, die auf die peripheren Teile des Thallus beschränkt sind und im centralen Teil des letzteren gänzlich fehlen.

Eine scharfe Grenze zwischen Punkt α und β existiert selbstverständlich nicht; auch nicht in Hinsicht auf ein und dieselbe Spezies. Bei der peripheren Lagerung der Spermogonien lassen sich zwei Extreme gegenüberstellen; in dem einen sind die Spermogonien auf die äußersten Thallusteile ausschließlich beschränkt (so oft bei Parmelia physodes, so daß nur die äußersten Thallusläppchen Spermogonien tragen); in andern dagegen besetzen die Spermogonien ein größeres Areal von der Thallusfläche und lassen nur den centralen Teil der letzteren frei (so z. B. bei Placodium fulgens). Bei den meisten Flechten dagegen ist die Randpartie des Thallus am dichtesten mit Spermogonien bedeckt und die mehr nach innen zu gelegenen Teile weisen solche nur noch vereinzelt auf. Die weiteste Verbreitung besitzen die peripher gelagerten Spermogonien bei Flechten mit blattartigem Thallus; so u. a. bei

Evernia furfuracea *Ach.*[1])
» prunastri *Ach.* (nach *Linds.*).
» Trulla *Körb.*
Parmelia physodes *Ach.*
» saxatilis *Ach.*[1])
» olivacea *Ach.*[1])
» Acetabulum *Duby.*[1])
» tiliacea *Ach.*[1])
» perforata *Ach.*[1])
» sinuosa *Ach.*[1])
» pulverulenta *Fr.*[1])
» Kamtschadalis *Ach.*
Physcia endococcina *Kbr.* (Tab. II, Fig. 1).
» speciosa (Wulf) *Ngl.*
» obscura *Fr.*[1])

---

[1]) Von diesen Arten giebt *Lindsay* ein Habitusbild.

Physcia aquila *Fr.*[1])
» tenella *Scop.*[1])
» murorum *Hoff.*
» decipiens *Arn.*
Anaptychia ciliaris *DC.*[2])
Xanthoria parietina *Fr.*
Candelaria concolor *Dicks.*
Sticta herbacea *Huds.* Tab. II, Fig. 11.
» flavicans *Tayl.*[1])
» amplissima *Scop.*[1])
» damaecornis *Ach.* var. canariensis *Mont.*
» linita *Ach.*
» pulmonacea *Ach.*
» carpoloma *Del.*[1])
Umbilicaria pustulata *Hoff.*
Gyrophora esculenta *Myioshi.*
» cylindrica *Fr. Ach.*
» polyphylla *Hoff.*[1])
» proboscidea *DC.*[1])
» erosa *Hoff.*[1])
» papulosa *Ach.*[1])
Placodium callopismum *Ach.*[1])
» saxiolum *Poll.*[1])
» circinatum *Pers.*[1])
» fulgens *DC.*
» candicans *Kbr.*
» lentigerum *DC.*
Pannaria rubiginosa *Del.*[1])
» triptophylla *Ach.*[1])
» plumbea *Light.*[1])
Collema microphyllum *Ach.*
» nigrescens *Ach.*
» corniculatum *Hoff.*[3])
Leptogium fragile *Tayl.*
» tremelloides (Fr.) *Anzi.*
Endocarpon miniatum *Ach.*

---

[1]) Von diesen Arten giebt *Lindsay* ein Habitusbild.
[2]) Mitunter sind die Spermogonien auch über den ganzen Thallus verteilt.
[3]) Nach *Tulasne*, Tab. IV, Fig. 15.

Bei Umbilicaria pustulata pflegen die Spermogonien hauptsächlich auf den blasigen Thalluspusteln zu sitzen. Und bei einigen Sticteen finden sich die Spermogonien fast ausschließlich auf den durch große Cyphellen veranlaßten netzigen Erhabenheiten der Thallusoberfläche vor; so bei St. linita, St. Carpoloma *Del.* (*Linds.* I, Tab. X, Fig. 26) und St. pulmonacea *Ach.* (*Tul.*, Tab. I, Fig. 17). Während bei den übrigen, oben erwähnten Sticteen mit glatter Thallusoberfläche die Spermogonien regellos auf den äußeren Thalluslappen zerstreut sind.

Weit geringer als bei den letztgenannten Flechten ist die Verbreitung der peripher gelagerten Spermogonien bei folgenden Arten mit krustigem Thallus:

Callopisma ferrugineum *Huds.*
Lecanora glaucoma *Ach.*
» sulphurea *Ach.*
Ochrolechia tartarea *Mass.*
Diplotomma albo-atrum var. epipolium *Ach.*
Buellia parasema *Fr.*
Lecidea elaeochroma *Ach.*
Platygrapha periclea *Ach.*
Opegrapha vulgata *Ach.*[1])
» varia *Pers.*
» Chevalierii *Leight.*
Graphis scripta *L.*
Stigmatidium crassum *Dub.*
Calicium roscidum *Flk.*
» trachelinum *Ach.*
Acrocordia gemmata *Kbr.*
Pyrenula nitida *Weig.*

b. Randständige (marginale) Spermogonien.

Die randständigen Spermogonien kommen hauptsächlich solchen Flechten zu, deren Thallusteile blattartig beschaffen sind und einen gut entwickelten, häufig aufgebogenen Blattrand zeigen. Außerdem kommen hier noch ein paar strauchige Formen in Betracht, deren schmale Thallusäste nur im Querschnitt noch eine deutliche Bilateralität erkennen lassen. Letzteres gilt für die unten angeführten Anaptychia-Arten, die ich leider nicht aus eigener Anschauung kenne, und für Alectoria tristis, deren Äste im Querschnitt oval oder

[1]) Hier mitunter.

rundlich erscheinen und ebenfalls nur infolge der einseitig gelagerten Algenzone als bilaterale Organe sich ausweisen. In der Regel erscheinen die randständigen Spermogonien äußerlich als kleine dunkle Knötchen, die sich nur wenig über den Thallusrand erheben und selten außerhalb desselben liegen (Cetraria islandica, Platysma Fahlunense). Die Verbreitung der randständigen Spermogonien ist eine ziemlich beschränkte; sie finden sich bei:

Alectoria tristis *Ach.* Tab. II, Fig. 2 u. 3.
Anaptychia leucomelaena *Wain.*[1])
» comosa *Trev.*[2])
Evernia Richardsoni *Hook.*[3])
Platysma glaucum *Hoff.*
» citrinum *Tayl.*
» diffusum *Nyl.*
» nivale *Nyl.*[3])
» cucullatum *Hoff.*[3])
» juniperinum *Nyl.*[3])
» ciliare *Ach.*[3])
» lacunosum *Ach.*[3])
» Fahluneuse *Ach.* Tab. II, Fig. 7.
Cetraria islandica *Ach.*[4])
Parmelia perforata *Ach.* var. denticulata *Linds.*[3])
Peltigera rufescens *Hoff.*
» polydactyla *Hoff.*[5])
» canina *Hoff.*[6])
» leptoderma *Nyl.*[7])
Nephromium laevigatum *(Ach.) Nyl.*
» parile *(Ach.) Nyl.*
» tomentosum *Nyl.*
Erioderma verruculosum *Wain.*
Psora lurida *(Ach.) Körb.*
Endopyrenium rufescens *Kbr.* Tab. II, Fig. 5.
Collema pulposum *Ach.*[3])

---

[1]) Nach *Wainio,* Brasil., pag. 129.
[2]) l. c. pag. 132.
[3]) Bildet *Lindsay* ab.
[4]) Bildet *Tulasne* ab (Tab. X, Fig. 1 und 2).
[5]) *Tulasne,* pag. 201 und *Nyl. Syn.,* pag. 326.
[6]) *Tulasne,* Tab. IX, Fig. 7.
[7]) *Wainio,* Brasil., pag. 182.

Collema cristatum *Schaer.*
» multifidum *Scop.*
» olivaceum *Hook.*
Leptogium tremelloides *Fr.*[1])
» bullatum *(Ach.) Nyl.*[2])
» subtile *Nyl.* var. diaphanum *Ach.*

c. Submarginale Spermogonien.

Eine besondere Modifikation der randständigen oder marginalen Spermogonien bilden die submarginalen. Ich bezeichne hiermit solche Spermogonien, die zwar noch dem Thallusrande angehören, aber bald ein wenig nach oben, bald ein wenig nach unten zu verschoben sind. Submarginale Spermogonien, die nach der unteren Thallusfläche verschoben waren, beobachtete ich bei Psora lurida *Kbr.* (Tab. II, Fig. 4) und Endopyrenium rufescens *Kbr.* (Tab. II, Fig. 5 u. 6); bei dieser neben echt randständigen an ein und demselben Thallus. Submarginale Spermogonien, die nach oben zu verschoben sind, fand ich gelegentlich einmal bei Collema multifidum (= C. melaenum *Ach. Linds.* I, pag. 271, Tab. XV, Fig. 37 und 38). An letztgenannte Art schließen sich nach *Lindsays* Beobachtung noch folgende Collemaceen an, hinsichtlich ihrer Spermogonienverteilung:

C. pulposum *Ach.*[3])
Leptogium tremelloides *Fr.*[4])
» fragile *Tayl.*[5])
» phyllocarpum *Pers.*[6])

Gleichzeitiges Vorkommen von rand- und flächenständigen Spermogonien an ein und demselben Thallus findet sich nur selten. Jedenfalls am häufigsten und schönsten bei dem schon erwähnten Platysma Fahlunense (Tab. II, Fig. 7), und nur ausnahmsweise beobachtete ich solches auch bei Alectoria tristis (Tab. II, Fig. 3). Nach *Lindsays* Angaben würden ferner hier zu nennen sein: Platysma lacunosum *Ach.* var. atlantica *Linds.* (I, Tab. X, Fig. 4, pag. 181), P. sepincolum *Hoff.* (l. c. pag. 182, Tab. IX, Fig. 46), P. ciliare *Ach.* (l. c. pag. 181 und Tab. X, Fig. 1), sowie Parmelia perforata *Ach.* var. denticulata *Linds.* (l. c. pag. 211 u. 213 mit Tab. XI, Fig. 4, 6

[1]) Bildet *Lindsay* ab.
[2]) l. c. pag. 230.
[3]) *Linds.* I, Tab. XV, Fig. 36 und *Tulasne*, Tab. VII, Fig. 1.
[4]) *Linds.* I, pag. 277 und 278; Tab. XV, Fig. 43.
[5]) l. c. pag. 277 und 278.
[6]) l. c. pag. 277 und 279.

u. 7). — Schließlich sind noch mehrere Cladonien hier anzureihen, bei denen die blattartigen Schuppen des Primärthallus am Rande und auf der Oberfläche mit Spermogonien ausgerüstet sein können. So nach *Wainio* und *Krabbe* bei nachstehenden Arten, von denen jedoch nur die vier erstgenannten einheimisch sind:

Cladonia macilenta *Hoff.*
» cariosa *Spreng.*[1])
» botrytes *Wlld.*
» incrassata *Flk.*[2])
» erythromelaena *Müll.*
» miniata *Meyer.*
» bacillaris *Nyl.*
» stenophyllodes *Wain.*
» subcariosa *Nyl.*
» verticillata *Hoff.*, δ. abbreviata *Wain.*
» strepsilis *(Ach.) Wain.*
» bacilliformis *(Nyl.) Wain.*
» testaceo-pallescens *Wain.*

B. Stellung der Spermogonien an radiär gebauten Thallusteilen.

Wenn wir sodann den mehr oder minder typisch radiär gebauten (strauchigen) Thallus oder radiär gebaute Teile des bilateralen Thallus ins Auge fassen, so kann die Stellung der Spermogonien an denselben entweder eine seitliche (laterale) oder eine endständige (terminale) oder endlich eine randständige (marginale) sein. Dabei können die in Betracht kommenden Thallusteile bald eine aufrechte (Cladonia, Stereocaulon etc.), bald eine hängende Stellung (Usnea, Ramalina etc.) einnehmen.

a. Seitliche (laterale) Spermogonien an radiären Thallusteilen.

Diese sitzen häufig in der oberen Region der jeweiligen Thallusteile und finden sich bei:

Usnea barbata *Fr.*[3])
Neuropogon melaxanthus *Ach.*[3])
Alectoria Taylori *Hook.*[3])
» jubata *Ach.*[3])
Cornicularia aculeata *Ach.* (nach *Tulasne* pag. 199).

---

[1]) *Krabbe*, Tab. IX, Fig. 19.
[2]) l. c. Tab. X, Fig. 5.
[3]) Bildet *Lindsay* ab.

Chlorea vulpina *Nyl.*
Ramalina scopulorum *Ach.* (Tab. II, Fig. 8).
» calicaris *L.*[1])
» polymorpha *Ach.*[1])
» terebrata *Tayl.*
» carpatica *Kbr.*
» usneoides *(Ach.) Fr.*[2])
» reticulata *(Nœhden) Krplhb.*[3])
Thamnolia vermicularis *Schaer.*[1])
Stereocaulon incrustatum *Flk.*
» ramulosum *Sw.*[1])
» denudatum *Flk.*[1])
» alpinum *Laur.*[1])
» paschale *Fr.*[1])
» Argus *Tayl.*[1])
Cladonia Papillaria *Ehrh.*
» furcata *(Huds.) Fr.*[4])
» botrytes *(Hag.) Wlld.*[5])
» Floerkeana *(Fr.) Sommf.*[5])
» peltasta *(Ach.) Spreng.*[5])
» leptophylla *Floerk.*[5])
» sphacelata *Wain.*[5])
» solida *Wain.*[5])
» cartilaginea *Müll.*[5])
» alpicola α. foliacea *Wain.*[5])
Roccella tinctoria *Ach.*
» mollusca *Ach.*[1])
» fuciformis *Ach.*[1])
Combea molusca *(Ach.) Nyl.*
Sphærophorus compressus *Ach.*[6])
» coralloides *Pers.*[7])
» fragilis *Pers.*[7])
» tener *Laur.*[7])

---

[1]) Bildet *Lindsay* ab.
[2]) *Wainio,* Brasil., pag. 20.
[3]) *C. Cramer,* Tab. III, Fig. 4.
[4]) Bildet *Krabbe* ab (Tab. XII).
[5]) Nach *Wainios* Cladonien-Monographie.
[6]) *Tulasne,* Tab. XV, Fig. 5.
[7]) Bildet *Lindsay* ab. I, Tab. VI.

Parmelia lanata *Fr.* (Tab. II, Fig. 9).
Coenogonium Leprieurii *(Mont.) Nyl.*[1])
Thalloëdema coeruleonigricans *Light.*
Synalissa conferta *Born.*[2])
Lichina pygmaea *Ag.*[3])
» confinis *Ag.*[4])
Ephebe pubescens *E. Fr.*[5])
» solida *Born.*[5])
Spilonema paradoxum *Born.*[6])
Lichenosphaeria Lenormandi *Born.*[7])
Gonionema velutinum *Whlbg.*[8])

Unsere besondere Aufmerksamkeit verdient noch die Verteilung der Spermogonien bei Parmelia conspersa *(Ehrh.) Ach.*; Exemplare, die ich auf Kreidesandstein im Frankenjura sammelte, waren — abgesehen von einer ziemlich schmalen, peripheren Zone — auf der Oberseite vollständig mit z. T. reich verzweigten, rundlichen, aufrechten Isidien besetzt, die laterale und terminale Spermogonien trugen. Neben diesen isidienständigen Spermogonien fand ich an besagten Exemplaren noch viele flächenständige Spermogonien vor, die der isidienfreien, peripheren Thallusregion angehörten. Zwischen den isidienständigen und den flächenständigen Spermogonien konnte ich nur äußerst geringe Unterschiede auffinden. (Näheres weiter unten.)

Besondere Erwähnung verdienen schließlich noch die seitenständigen Spermogonien an dem ebenfalls radiär gebauten Becher der Cladonia-Podetien, wie solche gelegentlich vorkommen bei: Cladonia digitata *Schaer.*, welche (nach *Wainio*) auf der Außenseite des Bechers mitunter Spermogonien trägt; bei C. pyxidata *Fr.* und C. fimbriata *Fr.*, welche (nach *Lindsay* I, Tab. VIII, Fig. 22 u. 28) auf der Innenseite des Bechers Spermogonien tragen können; und endlich bei C. verticillata *Hoff.* α evoluta *Th. Fr.* und C. calycantha *(Del.) Nyl.*, welche (nach *Wainio*) gelegentlich im Centrum des Bechers Conidienfrüchte tragen.

---

[1]) *Nylander* Obs. Coen., Tab. XII, Fig. 16 und 17.
[2]) *Nylander* Synopsis, Tab. II, Fig. 4a.
[3]) *Tulasne*, Tab. IX, Fig. 1.
[4]) *Tulasne*, Tab. X, Fig. 13.
[5]) Nach *Bornet* II.
[6]) *Nylander* Synopsis, Tab. II, Fig. 3.
[7]) *Bornet* I, Tab. XIII, Fig. 1 und 3.
[8]) *Crombie*, pag. 18, Fig. 1c.

b. Endständige (terminale) Spermogonien an radiären Thallusteilen.

Die endständigen Spermogonien besitzen eine sehr geringe Verbreitung. Häufig treten sie mit seitlichen vergesellschaftet auf und bilden dann mit ihnen Spermogoniengruppen am Ende von Ästchen. Nur mit Beachtung der Entwicklungsgeschichte könnte bei letzteren noch festgestellt werden, welches die wirklich terminalen Spermogonien sind. Solches gilt für Stereocaulon incrustatum *Flk.*, St. alpinum *Laur.*, St. paschale *Fr.*, St. Argus *Tayl.* (*Lindsay* I, Tab. VI), sowie für die kurz zuvor erwähnten Sphaerophorus-Arten, bei denen die Spermogonien oft zu dichten Massen vereint das Ende der Äste und Ästchen einnehmen; ferner für circa 15 Cladonia-Arten (nach *Wainio*), deren Spermogonien bald direkt dem Ende der Podetien aufsitzen (Cladonia Papillaria), bald indirekt mit einem sogenannten «Stielchen», wie bei Cl. rangiferina *Hoff.*[1]) und Cl. furcata *Fr.*[2]) Bei Cl. squamosa *Hoff.* β Muricella *Wain.*, bei Cl. sphacelata *Wain.* und Cl. pleurophylla *Wain.* stehen die sonst regellos angeordneten Spermogonien radiär beisammen am Ende je eines Podetiums.[3]) Endlich finden sich noch bei Lichina confinis *Ag.* und pygmaea *Ag.* (*Tul.* l. c.) terminale Spermogoniengruppen vor.

Seltener als diese letzteren finden sich terminale Spermogonien isoliert vor. Abgesehen von der schon kurz zuvor erwähnten Parmelia conspersa, deren Isidien auch terminale Spermogonien tragen, kommt hier zunächst eine Reihe von Cladonien in Betracht, deren oft säulen- oder pfriemenförmig gestaltete Podetien mit je einem Spermogonium enden können; so u. a. bei Cl. Papillaria *Ehrh.*[4]), Cl. pyxidata *Fr.*[5]), Cl. gracilis *Fr.*[5]) und Cl. macilenta *Hoff.*[5]) Schließlich muß noch Synalissa symphorea *Nyl.*[6]) und Gonionema velutinum *Nyl.*[7]) hier genannt werden.

c. Randständige (marginale) Spermogonien an radiären Thallusteilen.

Hierher zählen nur die becher- oder trichterförmig gestalteten Podetien von Cladonia, deren Ränder häufig mit Spermogonien besetzt sind. Solches gilt nach *Wainio* für 32 Arten, ungefähr dem dritten

---

[1]) *Tulasne,* Tab. X, Fig. 6.
[2]) *Krabbe,* Tab. XII, Fig. 13.
[3]) Nach *Wainio.*
[4]) *Krabbe,* Tab. VIII, Fig. 8.
[5]) Bildet *Lindsay* ab.
[6]) *Crombie,* pag. 37, Fig. 8b.
[7]) *Crombie,* pag. 18, Fig. 1c.

Teil aller bekannten Cladonien. Eine Reihe guter Abbildungen von Spermogonien tragenden Podetiumbechern giebt *Krabbe* (auf Tab. IX—XI) von:

Cladonia alcicornis *Flk.*
» turgida *Hoff.*
» coccifera *Schaer.*
» pyxidata *Fr.*
» pityrea *Flk.*
» degenerans *Flk.*
» gracilis *Fr.*
» verticillata *Hoff.*

Abschnitt II.

Lagerungsverhältnisse zwischen den Spermogonien und den Gewebsschichten des Thallus.

Je nach der Lagerung des Spermogoniums zur Thallussubstanz lassen sich, entsprechend den nachstehenden schematischen Figuren, vier Typen unterscheiden.

Bei Typus I und II (Fig. 1 und 2) ist der Nucleus des Spermogons vollständig in die Thallusmasse eingebettet und wird entweder nur im oberen Teil oder allseitig von Algen umgeben. Typus II unterscheidet sich nur dadurch von I, daß das Spermogon stets in eine Thalluspapille (= P) eingelassen ist. Bei Typus III (Fig. 3) ist das Spermogon nur mit seinem unteren Teil in die Thallusmasse eingebettet, wobei letzterer ganz oder teilweise von Algen umgeben erscheint, während der obere Teil sich über das Niveau des Thallus erhebt und mit eigener Rinde bedeckt wird. Das gerade Gegenteil von Typus I bildet schließlich Typus IV (Fig. 4). Das Spermogon liegt hier ganz außerhalb der Thallusmasse, allseitig umhüllt von selbständiger Rinde und hat auch an der Algenregion keinen Anteil mehr.



Fig. 1.

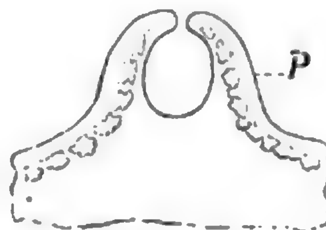


Fig. 2.

Fig. 1—4. Vier Schemata, die zeigen, in welcher Weise die Spermogonien von dem Thallus getragen werden können.

Fig. 1. Ein direkt in die Thallusmasse eingesenktes Spermogon.

Fig. 2. Ein in eine papillöse Thallusanschwellung (= P) eingesenktes Spermogon. Der Nucleus desselben liegt ebenso wie in vorhergehender Figur unterhalb der Algenregion.

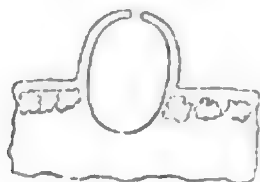


Fig. 3.

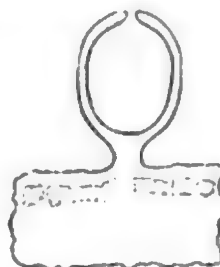


Fig. 4.

Fig. 3. In dem Thallus halb eingesenktes Spermogon.

Fig. 4. Freies Spermogonium, das ganz außerhalb der Algenzone liegt.

Typus I. Direkt in die Thallusmasse eingebettete Spermogonien, die nicht in Thallusanschwellungen liegen («punktförmige» Sp.). (Fig. 1.)

Solche Spermogonien besitzen stets einen unterhalb des Niveaus der gesamten Thallusfläche liegenden Nucleus. Äußerlich an der Flechte ist ihre Lage meist durch dunkle Punkte gekennzeichnet, die mit bloßem Auge in der Regel eben noch wahrgenommen werden können. Daher die Bezeichnung «punktförmige» Spermogonien. Der Spermogoniumpunkt liegt stets da, wo sich der obere Pol des Früchtchens und die Thallusrinde berühren; er bezeichnet diejenige Stelle, an der eine Kommunikation zwischen dem Innern des Spermogoniums und der Außenwelt hergestellt wird durch das sogenannte Ostiolum (Näheres siehe weiter unten), einer mikroskopisch kleinen Perforation der Thallusrinde, die den Austritt der Spermatien gestattet. Der Punkt kann entweder etwas tiefer liegen als die Thallusfläche («vertieft liegender» Punkt), oder in ein und derselben Ebene mit ihr («fleckenartiger» Punkt) oder endlich sich ein wenig über die Thallusfläche erheben («erhabener», «reliefartiger» Punkt). Die Beschaffenheit des Spermogoniumpunktes ist für ein und dieselbe Species oft sehr wechselvoll und bietet wenig Charakteristisches. Am seltensten trifft man vertieft liegende Punkte; so z. B. bei Placodium chrysoleucum, P. Lagascae und Psora testacea. Weit häufiger sind fleckenartige Punkte, so z. B. bei Parmelia stygia, Placodium alphoplacum P. melanaspis Parmelia physodes etc. Am verbreitetsten jedoch sind die erhabenen Spermogoniumpunkte; so bei Physica speciosa *Nyl.*, Parmelia Acetabulum *Dub.* (Tab. II, Fig. 24) und vielen anderen. Nicht selten findet man flache und erhabene Pünktchen vergesellschaftet

an einem Individuum, so bei Gyrophora cylindrica *Ach.* u. a. — Einige wenige Flechten zeigen im feuchten Zustand erhabene, halb durchsichtige, etwas gequollene Spermogoniumpünktchen, während letztere an dem trockenen Thallus als vertieft liegende Pünktchen erscheinen; dies beobachtete ich bei Physcia decipiens *Arn.* und murorum *Hoff.* Ein Gleiches giebt *Lindsay* an für einige Krustenflechten (Ochrolechia tartarea *Mass.*, Lecanora glaucoma *Ach.*, L. subfusca *Ach.*), deren Spermogoniumpünktchen «semipellucid» genannt werden. — Die vertieft liegenden und auch die erhabenen Punkte hatten ursprünglich in ein und demselben Niveau mit der Thallusoberfläche gelegen, veränderten jedoch später ihre Lage durch verschiedenartige Wachstumsvorgänge, die zwischen den Spermogonien einerseits und der Thallusmasse andererseits stattfanden. (Siehe z. B. Psora testacea Tafel II, Fig. 16 u. 17.)

Die Farbe des Spermogoniumpunktes ist in der Regel viel dunkler als diejenige des Thallus, so daß die Spermogonien auch äußerlich leicht am Thallus aufzufinden sind.

Braunschwarze oder fast schwarze Spermogonienpunkte finden sich u. a. bei Sticta linita *Ach.* und St. pulmonacea *Ach.* mit grünlichem oder braungrünem Thallus; bei Roccella tinctoria *Ach.*, Parmelia physodes *Ach.* und Physcia speciosa *(Wulf) Nyl.* mit grauweißem Thallus; bei Thalloëdema candidum *Körb.* und Ricasolia (= Placodium) candicans *Mass.* mit rein weißem Thallus; bei Placodium chrysoleucum *Kbr.* mit hellgelbem Thallus; bei Chlorea vulpina *Nyl.* mit citronengelbem Thallus; bei Physcia endococcina *Kbr.* und Opegrapha vulgata *Ach.* mit graubräunlichem Thallus; bei Pyrenula nitida *Ach.* mit bräunlichem Thallus; bei Gyrophora cylindrica *Ach.* mit grauem Thallus; bei Alectoria tristis *Fr.*, Parmelia stygia *Ach.* und Umbilicaria pustulata *Hoff.* mit braunschwarzem Thallus.

Dunkelbraungelbe Spermogonienpunkte finden sich bei Psora decipiens *Kbr.* mit fleisch- bis ziegelrotem Thallus.

Hellgelbe Spermogonienpunkte besitzen Placodium Lagascae *Fr.* und P. lentigerum *Fr.* mit rein weißem Thallus; außerdem Parmelia caperata *Ach.* mit gelblichgrünem Thallus.

Hellgelbe, durchscheinende, erhabene Spermogoniumpünktchen zeigen im feuchten Zustand Physcia decipiens *Arn.*, Ph. murorum und Callopisma vitellinum *Ehrh.*, deren Thallus intensiv gelbgrün (und im trockenen Zustand citronen- bis dunkelgelb) erscheint.

Bei einigen Collemaceen treten an dem angefeuchteten, fast undurchsichtigen Thallus bei durchfallendem Licht unter dem Mikroskop die Spermogonien als große, helle, durchscheinende Punkte deutlich

hervor, während das eigentliche Spermogoniumpünktchen, die Region des Ostiolums, nur schwach zu sehen ist.

Die Größe der Spermogonienpunkte überschreitet in der Regel nicht 0,1 mm. Die meisten von ihnen sind mit unbewaffnetem Auge noch wahrnehmbar; sehr kleine Pünktchen dagegen nur unter Mikroskop bei auffallendem Licht und können dann bisweilen nur an dem angefeuchteten Thallus, wenn sie sich durch ihre Farbe nicht hinlänglich von derjenigen des Thallus abheben, entdeckt werden. Der Durchmesser des Spermogoniumpunktes mißt beispielsweise: 13—15 μ bei Physcia endococcina, 44 μ bei Placodium Lagascae, 40—54 μ bei Pl. melanaspis, 55 μ bei Physcia caesia, 27—88 μ bei Placodium chrysoleucum, 88 μ bei Parmelia obscura, 33 bis 99 μ bei Placodium alphoplacum, 55—110 μ bei Physcia speciosa, 88—132 μ bei Parmelia physodes und 132 μ bei Thalloëdema candidum.

Die Verbreitung der punktförmigen Spermogonien ist eine so weite im Flechtenreich, daß es nicht nötig erscheint, alle mir bekannt gewordenen, hierher zählenden Arten mit Namen aufzuführen. Die punktförmigen Spermogonien finden sich bei Flechten mit strauchigem Thallus viel weniger häufig als bei solchen mit blattartigem oder krustigem Thallus. Zu den erstgenannten gehören: Alectoria tristis (Tab. II, Fig. 2 u. 3), Ramalina gracilis *Nyl.*, R. scopulosum (Tab. II, Fig. 8), Dufourea madreporiformis *Ach.*, Roccella tinctoria *Ach.*, R. Montagnei *Bel.* und Combea mollusca *Nyl.*

Von Flechten mit blattartigem Thallus sind zu nennen: fast sämtliche Parmelia-Arten (stygia, physodes [Tab. II, Fig. 28], tiliacea); fast alle Physcia-Arten (speciosa, tenella, endococcina [Tab. II, Fig. 1], aquila, decipiens, murorum); die große Mehrzahl aller Sticta-Arten inkl. Lobaria (z. B. St. damaecornis, St. linita); Umbilicaria pustulata; Gyrophora (cylindrica, proboscidea, erosa, spadochroa); Placodium (candicans und alle anderen von mir geprüften Arten); mehrere Collemaceen; Endocarpon (miniatum, fluviatile, rivulorum [Taf. III, Fig. 39—41]); Endopyrenium hepaticum *Ach.* (nach *Tulasne*). Von Flechten mit krustigem Thallus besitzen punktförmige Spermogonien: zahlreiche Lecanora-Arten; Urceolaria (scruposa *Ach.*, ocellata *Ach.*); Pertusaria (communis *DC.*, glomerata *Schaer.*); mehrere Arthonia-Arten; Chiodecton (myrticola *Fee.* und elongatum *Wain.*); Stigmatidium crassum *Dub.*; Pyrenula (nitida und laevigata *Pers.*) u. a.

Typus II. Spermogonien, die in eine Thallusanschwellung eingesenkt sind. (Fig. 2.)

Der Nucleus des Spermogoniums ist hier stets in eine Anschwellung eingelassen, die je nachdem verschieden gestaltet sein kann. An dem flächenförmigen Thallus wird die Anschwellung von einer Warze gebildet, in welcher man den Nucleus meist allseitig, mehr oder weniger, von Algen umgeben findet; seltener berührt die Algenzone den Nucleus nur einseitig, wie bei wenig Flechten mit randständigen Spermogonien und heteromerem Thallus (Peltigera rufescens [Tab. II, Fig. 19] und Nephronium laevigatum), die Gestalt der Warze ist meist halbkugelig, wie bei Xanthoria parietina *Fr.* und Sticta Wrightii *(Tuck.) Nyl.* (Tab. III, Fig. 30); seltener ist die Gestalt eiförmig, wie bei Ephebe pubescens, oder kegelstumpfähnlich, wie bei Gyrophora esculenta Myioshi und mitunter bei Candelaria concolor. Ist der Thallus fadenförmig oder strauchig, so ist die Anschwellung entweder warzenförmig in dem eben besagten Sinn oder eiförmig, wie bei Lichina pygmaea (Tab. III, Fig. 47 u. 48) und Ephele pubescens, oder in seltenen Fällen ausgesprochen kugelig, wie bei Coenogonium und Gonionema. Bei den zwei letztgenannten wird dann das Spermogonium mehrmals dicker als der betreffende Thallusast, dem es ansitzt. Ganz besondere Erwähnung verdienen schließlich noch die kugeligen Spermogonienanschwellungen von Sticta herbacea, welche ausnahmsweise durch die flächenständigen Spermogonien der genannten Flechte erzeugt werden (Tab. II, Fig. 11 u. 12).

An solchen Flechten, welche Typus II mit I verbinden, fehlt es selbstverständlich nicht. So sind die Spermogonien von Alectoria tristis (Tab. II, Fig. 2 u. 3), von Parmelia lanata (Tab. II, Fig. 9), von Pyrenula nitida und von Opegrapha vulgata bald punktförmig, bald schwach warzenförmig an ein und demselben Thallus. Ähnlich auch bei Ramalina (scopulorum) und Parmelia-Arten (encausta, conspersa u. a.) Es giebt jedoch auch einige Flechten, die neben echt punktförmigen Spermogonien ausgeprägt warzenförmige besitzen, wie ich sie oben für den Typus charakterisiert habe. Ein Thallus von Lecanora subfusca var. allophana *Ach.* trug neben vielen punktförmigen Spermogonien auch einige echt warzenförmige. Bei schlesischen Exemplaren von Umbilicaria pustulata fand ich nur punktförmige Spermogonien, dagegen bildet *Tulasne* warzenförmige ab (Tab. V, Fig. 11). Ähnlich bei Anaptychia ciliaris (warzenförmige Spermogonien auf Tab. III, Fig. 35 und punktförmige bei *Tulasne*, Tab. II, Fig. 16).

Die Farbe der Thallusanschwellung ist zumeist verschieden von derjenigen des übrigen Thallus. Selten ist die Anschwellung gleichfarbig oder etwas heller als der übrige Thallus. An dem Scheitel der Anschwellung pflegt außerdem die das Ostiolum umgebende Region etwas dunkler zu sein als das übrige Kolorit der Anschwellung.

Die Spermogonienanschwellung ist gleichfarbig mit dem übrigen Thallus bei Ramalina calicaris *L.*, R. fraxinea *L.*, Sticta herbacea *Del.* (hier mitunter etwas bräunlich nuanciert) und St. amplissima *Scop.* mit grünlichem Thallus. Bei Stereocaulon incrustatum *Flk.* und den meisten anderen Arten dieser Gattung, sowie bei Thamnolia vermicularis *Sw.* mit grauem Thallus. Bei Pannaria plumbea *Del.* und Lichina pygmaea *Ach.* mit bräunlichem Thallus.

Die Färbung der Thallusanschwellung ist orange bei Xanthoria parietina *Fr.*, Candelaria concolor *Dicks.*, Physcia flammea *Ach.* und Tornabenia chrysophthalma *Ach.*, die alle einen mehr oder weniger dottergelben Thallus besitzen. Ferner bei Physcia villosa *Dub.* var. Dickiana *Linds.* mit blaßgrauem Thallus (n. *Lindsay*).

Die Färbung der Thallusanschwellung ist braun bei allen obengenannten Peltigera- und Nephromiumarten mit graubraunem oder bräunlich-grünem Thallus. Bei Platysma citrinum *Tayl.* und P. cucullatum *Nyl.* mit zitronengelbem Thallus. Bei P. nivale *Nyl.* mit schwefelgelbem Thallus. Bei P. glaucum *Nyl.* mit blaugrünem oder graugrünem Thallus.

Schwarzbraune Spermogonienwarzen hat Parmelia pulverulenta (die oft weißlich bereift sind) mit braunem oder grauem Thallus. Ferner Anaptychia ciliaris *Kbr.* mit grauem Thallus und Psora lurida *Kbr.* mit hirschbraunem Thallus.

Braungelbe Spermogonienwarzen haben Collema pulposum *Ach.*, C. cheileum *Ach.*, C. multifidum *Kbr.* mit tief dunkel- oder schwarzgrünem Thallus. Und Leptogium tremelloides *Anzi* mit bläulichem oder bläulichgrauem Thallus.

Rötlichbraune Spermogonienhöcker hat Collema plicatile *Ach.* mit schwarzgrünem Thallus und Pannaria muscorum *Nyl.* mit bräunlichem oder dunkelbraunem Thallus.

Schwarze Thallusanschwellungen mit Spermogonien besitzen Pannaria triptophylla *Mass.* mit graubraunem oder braungrünem Thallus und Synalissa conferta *Born.* mit rötlichem Thallus (n. *Nylander*).

Weißlich oder blaß sind die kugeligen Thallusanschwellungen von Coenogonium Linkii *Ehrbg.* und C. subvirescens *Nyl.*, beide mit

blaßrötlichem oder blaßgelblichem Thallus (n. *Wainio*, Brasilien, pag. 64—67).

Die Größe der Thallusanschwellungen, welche Spermogonien einschließen, ist ziemlich verschieden. Die meisten von ihnen können mit unbewaffnetem Auge noch gut wahrgenommen werden. Mit zu den kleinsten gehören die Wärzchen von Lecanactis abietina *Kbr.*, die selbst unter einer starken Lupe nur als Pünktchen erscheinen. Mit zu den größten Thallusanschwellungen gehören diejenigen von Anaptychia ciliaris und Sticta herbacea, die fast 1 mm Durchmesser erreichen können.

Beispielsweise betragen die Messungen einiger Thallusanschwellungen, die Spermogonien führen: 88—176 μ Breite bei Candelaria concolor; 100 μ Dicke bei Gonionema velutinum *Nyl.* (n. *Nylander*); 176—253 μ Breite und 110—220 μ Höhe bei Nephromium laevigatum *Ach.*; 280 μ Dicke bei Coenogonium subvirescens *Nyl.* (nach *Wainio*); bis 380 μ Breite bei Parmelia pulverulenta *Smft.*; und 784—952 μ Breite und 560—700 μ Höhe bei Sticta herbacea *Huds.*

Spermogonien, die in warzenförmige Thallusanschwellungen eingesenkt sind, finden sich bei:

Ramalina ceruchis *Ach.* (*Linds.* I, pag. 131).
» fraxinea *L.* (l. c., Tab. V, Fig. 10).
Thamnolia vermicularis *Schaer.*[1])
Stereocaulon incrustatum *Flk.* (Tab. II, Fig. 18).
» ramulosum *Sw.* (*Linds.*, Tab. VI, Fig. 30).
Parmelia pulverulenta *Smft.*

Jedenfalls bei allen oben (Seite 15) angeführten Platysmaarten; ferner bei:

Anaptychia ciliaris *Kbr.* (Tab. III, Fig. 35).
Physcia villosa *Dub.* var. Dickiana (*Linds.*)[2])
» flavicans *D. C.* (*Linds.*, pag. 253).
» flammea *Ach.* (l. c., pag. 252).
Xanthoria parietina *Fr.*[3])
Tornabenia chrysophthalma *Mass.*[4])
Candelaria concolor *Dicks.* (Tab. II, Fig. 10).
Sticta Wrightii *(Tuck.) Nyl.* (Tab. III, Fig. 30).

[1]) *Lindsay* I, Tab. V, Fig. 21—22; *Crombie*, pag. 184, Fig. 386.
[2]) *Lindsay* I, Tab. XIII, Fig. 13—15.
[3]) *Tulasne*, Tab. I, Fig. 2.
[4]) *Lindsay* I, Tab. XIV, Fig 8—10.

Sticta herbacea *Huds.*[1])
» amplissima *(Scop.) Rabh.*
» endochrysa *Del.*
» Freycinetii *Del.*

Bei allen oben (Seite 15) angeführten Peltigera- und Nephromiumarten.

Umbilicaria pustulata *Hoff.*[2])
Gyrophora esculenta *Myioshi.*
» proboscidea *DC.*[3])
Pannaria plumbea *Lightf.*[3])
» rubiginosa *Del.*[3])
» triptophylla *Ach.*[3])
Lecanora subfusca *Ach.* var. allophana *Ach.*
Baeomyces roseus *Pers.*[4])
» ramalinellus *Nyl.*[5])
Icmadophila aeruginosa *Scop.*[6])
Lecanactis abietina *Kbr.*
Opegrapha vulgata *Ach.*

Außerdem gehören — soviel aus *Lindsay* zu ersehen ist — noch mehrere Krustenflechten hierher, die jedoch erst noch weiterer Untersuchung bedürftig sind. Ferner:

Pterygium centrifugum *Nyl.*[7])

Ferner die schon oben erwähnten Collema- und Leptogiumarten (Seite 15 u. 16):

Spilonema paradoxum *Born.*[8])
Ephebe pubescens *E. Fr.*[9])
Lichenophaeria Lenormandi *Born.*[10])
Lichina confinis *Ag.*[11])

Spermogonien, die in eiförmige Thallusanschwellungen eingesenkt sind, finden sich bei:

---

[1]) *Tulasne*, Tab. II, Fig. 2 u. 3, und *Lindsay* I, Tab. X, Fig. 7, 8, 10.
[2]) *Tulasne*, Tab. V, Fig. 11.
[3]) Bildet *Lindsay* (I) ab.
[4]) *Nylander*, Synopsis, Tab. VI, Fig. 20.
[5]) *Nylander*, Synopsis, Tab. I, Fig. 13a.
[6]) *Crombie*, pag. 112, Fig. 31d.
[7]) *Nylander*, Synopsis, Tab. II, Fig. 14, und *Crombie*, pag. 34, Fig. 60.
[8]) l. c., Tab. II, Fig. 3.
[9]) So auch nach *Nylander*, Synopsis, Tab. II, Fig. 1b.
[10]) *Bornet* I, Tab. XIII, Fig. 1 u. 3.
[11]) Bald eiförmig, bald warzenförmig; *Tulasne*, Tab. X, Fig. 12–14.

Ephebe pubescens *E. Fr.* (nach *Bornet*).
Lichina confinis *Ag.*[1])
Lichina pigmaea *Ag.* (Tab. III, Fig. 47 u. 48).

Spermogonien, die in kugelige Thallusanschwellungen eingesenkt sind, finden sich bei:

Sticta herbacea *Huds.* (Tab. II, Fig. 12).
Coenogonium Leprieurii *(Mont.) Nyl.*[2])
» subvirescens *Nyl.*[3])
» Linkii *Ehrbg.*[4])
Synalissa conferta *Nyl.*[5])
Gonionema velutinum *Whlbg.*[6]).

Im Anschluß an den eben behandelten Typus müssen noch einige Flechten erwähnt werden, deren Spermogonien gruppenweise in ein Pseudostroma eingesenkt sind; dieses stellt nichts weiter als eine verhältnismäßig große Thallusanschwellung vor, welche gleichzeitig mehrere Conidienfrüchte einschließt. So bei:

Thelenella epiphylla *Müll. Arg.*[7])
Neuropogon melaxanthus *Ach.*[8])
Alectoria jubata *Ach.*[9])

Typus III. Spermogonien, die in den Thallus halb eingesenkt sind. (Fig. 3.)

Dieser Typus läßt sich nur schwer von dem vorigen abtrennen. Das halb eingesenkte Spermogon unterscheidet sich von dem in eine Warze eingelassenen nur dadurch, daß sein Nucleus nach außen zu von selbständiger Rinde in dem oberen Teil bedeckt wird.

Halb eingesenkte Spermogonien beobachtete ich bei:

Cladonia Papillaria *(Ehrh.) Hoff.*[10])
Placodium fulgens *(Sw.) DC.*
Psora lurida *(Ach.) Kbr.* (Tab. II, Fig. 4).
Thalloëdema coeruleo-nigrigans *Light.* (Tab. II, Fig. 14).
Endopyrenium rufescens *(Ach.) Kbr.* (Tab. II, Fig. 6).

---

[1]) Bald eiförmig, bald warzenförmig; *Tulasne*, Tab. X, Fig. 12—14.
[2]) *Nylander*, Obs. Coen., Tab. XII, Fig. 16 u. 17.
[3]) *Wainio*, Brasilien, pag. 67.
[4]) *Wainio*, Brasilien, pag. 65.
[5]) *Nylander*, Synopsis, Tab. II, Fig. 4 a.
[6]) *Crombie*, pag. 18, Fig. 1 c.
[7]) Nach Angabe von *Müller* in *Wainio*, Brasilien, pag. 216.
[8]) *Lindsay* I, Tab. IV, Fig. 9.
[9]) l. c., Tab. IV, Fig. 17.
[10]) Neben diesen finden sich aber auch freie Spermogonien vor (n. *Krabbe*).

Jedenfalls gehören hierher noch eine Reihe anderer Flechten (worunter sicherlich auch mehrere Cladonien), deren Spermogonien noch nicht näher untersucht sind und die fälschlicherweise bisher als «warzenförmig» oder als dem Thallus aufsitzend ausgegeben wurden. Bei Placodium fulgens und Thalloëdema coeruleo-nigricans fand ich neben den halb eingesenkten Spermogonien auch häufig punktförmige, ganz eingesenkte vor.

Typus IV. Freie Spermogonien. (Fig. 4.)

Während der vorige Typus den unteren Teil des Nucleus noch in die Thallusmasse eingebettet zeigte, ist dieser hier bei den freien Spermogonien auch noch außerhalb des Niveaus der Thallusfläche und ebenso außerhalb der Algenregion gelegen.

Die freien Spermogonien besitzen eine sehr beschränkte Verbreitung. Mit Sicherheit kann ich gegenwärtig nur Platysma Fahlunense (Tab. II, Fig. 7), Cetraria islandica und eine größere Anzahl Cladoniaarten hier anführen. Unmöglich ist es keineswegs, daß die Spermogonien von noch anderen Flechten hierher gerechnet werden müssen und bis jetzt nur verkannt wurden.

Je nachdem sich das Spermogon mehr oder weniger über das Niveau der Thallusfläche erhebt, kann man es «gestielt» oder «sitzend» nennen; letzteres ist weitaus das häufigste.

Kurzgestielte Spermogonien finden sich mitunter bei Platysma Fahlunense; ferner bei einer Reihe (17) Cladonien, zu denen nach *Wainio* u. a. gehören:

Cladonia carneola *Fr.*
» leptophylla *Flk.*
» digitata *Schaer.*
» coccifera *L.* var. pleurota *Schaer.*
» crispata *Flot.* var. gracilescens *Rabh.*
» miniata *Meyer.*

Langgestielte Spermogonien kommen vor bei:

Cetraria islandica *L.*[1])
Platysma Fahlunense[2]).
Cladonia deformis *Hoff.*[3])
» Salzmanni *Nyl.*[3])
» verticillaris *(Raddi) Fr.*[3])
» fimbriata *(L.) Fr.*[3])

[1]) *Tulasne,* Tab. X, Fig. 1—3.
[2]) Von mir selten und nur ausnahmsweise beobachtet.
[3]) Am Rande von Becherpodetien nach *Wainio.*

Nach *Lindsays* Angabe könnten hier noch einige andere Flechten angeführt werden, auf die ich aber vorderhand nur hingewiesen haben möchte[1]).

Abschnitt III.
Bau des Spermogoniums.

Hier kommt einmal die äußere Gestalt und Größe der Spermogonien in Betracht; und außerdem noch die Anatomie und Entwickelungsgeschichte, welche den wichtigsten Teil der vorliegenden Arbeit bilden.

A. Gestalt des Spermogoniums.

Für das Nachfolgende muß zuvor noch ausdrücklich bemerkt werden, daß die jeweilige Gestalt der Spermogonien keineswegs die einzig vorkommende für die genannten Beispiele zu sein braucht. Auch die Gestalt der Spermogonien ist bei ein und derselben Spezies, selbst am gleichen Thallus, bald mehr, bald weniger variabel, was auch aus dem weiter unten (pag. 34) Gesagten zur Genüge hervorgehen wird.

Sehr häufig ist die Gestalt eiförmig mit vertikal stehender Längsaxe; z. B. bei Roccella tinctoria, Parmelia tiliacea und bei sehr vielen Cladonien.

Das längliche, bald mehr, bald weniger cylindrisch gestaltete Spermogon ist ebenfalls sehr häufig; z. B. bei vielen Cladonien, bei:

Sphaerophorus coralloides *Pers.*
Stereocaulon incrustatum *Flk.*
Thamnolia vermicularis *Schaer.*
Ramalina fraxinea *L.*
Parmelia encausta *Ach.*
» physodes (Tab. II, Fig. 25).
Physcia decipiens *Arn.*
Candelaria concolor *Dicks.*
Gyrophora hyperborea *Hoff.*
Placodium Lagascae *Fr.*
Lecanora subfusca var. allophana *Ach.*, etc.

---

[1]) Nephronium tomontosum *Hoff.*, Tab. IX, Fig. 28—32. Platysma ciliare *Ach. Linds.* I, pag. 181.
Platysma perforata *Ach.* var. denticulata *Linds.*, Tab. XI, Fig. 6, pag. 273.
Evernia Richardsoni *Hook,* l. c., Tab. V, Fig. 5.

Das kugelige Spermogon ist weniger häufig; z. B. bei mehreren Cladonien, bei Ramalina calicaris *L.*, R. gracilis *Nyl.*, Roccella, Parmelia aspidota *Ach.* und P. Acetabulum *Dub.* (Tab. II, Fig. 24); bei Coenogonium und Gonionema.

Fast kugelige Spermogonien finden sich bei:

Xanthoria parietina *Fr.* (Tab. III, Fig. 38).
Physcia decipiens *Arn.*
Placodium chrysoleucum *Kbr.*
» lentigenum *Fr.*
Psora decipiens *Kbr.*
Calicium turbinatum *Pers.*
Chiodecton myrticola *Fée.*
Opegrapha vulgata *Ach.*
Endopyrenium hepaticum *Ach.* (*Tulasne*, Tab. XII, Fig. 7).
Collema cheileum *Ach.*
» multifidum *Scop.* (Tab. III, Fig. 29).

Birnförmige Spermogonien finden sich bei einigen Cladonien, bei Physcia speciosa und endococcina *Kbr.*; selten bei Thalloëdema coeruleo-nigricans *Lghtf.* und Parmelia pulverulenta *Smft.*, bei Aspicilia cinerea *Kbr.* (*Tulasne*, Tab. III, Fig. 7).

Flaschenförmige Spermogonien finden sich bei:

Cladonia cristatella *Tuck.*
» furcata *Fr.*
» solida *Wain.*
» calycantha *Nyl.* (nach *Wainio*).
Pyrenula nitida *Weig.*

Niedergedrückte Spermogonien, deren Vertikalaxe stets kürzer ist als die Horizontalaxe und deren Längsschnitt meist quer-elliptisch erscheint, finden sich bei:

Ramalina calicaris *Ach.*
Sticta pulmonacea *Ach.*
» damaecornis *Ach.* var. canariensis *Mont.*
» linita *Ach.*
Xanthoria parietina *Th. Fr.*
Nephromium laevigatum *Ach.*
Placodium Lagascae *Fr.*
Psora lurida *Ach.* (Tab. II, Fig. 4).
» decipiens *Kbr.* (Tab. III, Fig. 44).
Baeomyces roseus *Pers.* (*Nylander*, Synopsis, Tab. VI, Fig. 20).
Endopyrenium rufescens *Kbr.*
Opegrapha vulgata *Ach.*

Nur selten erreicht bei letztgenannten Flechten der Breitendurchmesser des Spermogoniums das Doppelte des Längendurchmessers; so mitunter bei Psora decipiens, Sticta pulmonacea, Baeomyces roseus und Pyrenula nitida.

Kegelförmige Spermogonien, die im Längsschnitt dreiseitig erscheinen, sind selten; so bei Pyrenula nitida *Ach.* in scharf ausgeprägter Weise; bei Gyrophora cylindrica *Ach.* und G. proboscidea *(L.) Ach.* (*Tulasne*, Tab. V, Fig. 17 und 18); mitunter auch bei Stereocaulon incrustatum *Flk.*

Kegelstumpfähnliche Spermogonien, deren Längsschnitt vierseitig, trapezförmig erscheint, sind ebenfalls selten; so mitunter bei:

Xanthoria parietina *Th. Fr.*
Parmelia pulverulenta *Smft.*
Gyrophora cylindrica *Ach.*

Schließlich muß noch eine sehr eigentümliche Spermogonienform mit sehr unregelmäßigem Kontur erwähnt werden, die leichter durch Abbildung als durch Beschreibung verständlich gemacht werden kann. Diese Spermogonien sind durch bruchsackartige Fortsätze ausgezeichnet, denen je nachdem mehr oder weniger tief eingreifende Buchten entsprechen. Solche Spermogonien habe ich abgebildet für Psora testacea *Hoff.* (Tab. II, Fig. 17) und Stereocaulon incrustatum *Flk.* (Tab. II, Fig. 18). Und außerdem wurden sie beobachtet bei:

Usnea barbata *Fr.* var. plicata *Fr.*[1])
Ramalina fraxinea *L.*[1])
Stereocaulon ramulosum *Sw.*[1])
Acroscyphus sphaerophoroides *Lev.*[1])
Physcia villosa *Dub.* var. Dieckiana *Linds.*[1])
Ochrolechia pallescens *Kbr.* var. parella *Ach.*[1])
Callopisma cerinum *Kbr.*[1])
Pertusaria (= Variolaria) globulifera *Turn.*[2])

Diese eigentümlich gestalteten Spermogonien verdanken ihre Form besonderen Wachstumsvorgängen, wie ich solches u. a. bei Psora testacea beobachten konnte. In Fig. 16 auf Tab. II ist ein verhältnismäßig kleines, aber reifes Spermogonium dargestellt, das im Längsschnitt eine nur wenig aus- und eingebogene Umrißlinie erkennen läßt. Ein größeres, aber auch viel älteres Spermogon ist in Fig. 17, Tab. II, dargestellt, bei derselben Vergrößerung; und bei

[1]) Von diesen Spermogonien giebt *Lindsay* bez. auf Tab. V, VI, VIII, IX und XIII Abbildungen.

[2]) *Darbishire*, pag. 655, Fig. 31.

ihm ist die Umrißlinie durch mehrere tief eingreifende Buchten ausgezeichnet. Die unteren Teile dieses Früchtchens enthielten viele Spermatien und ihre zugehörigen Sterigmenapparate waren alle noch lebenskräftig. Im oberen Teil dagegen zeigten sich mir nur verrottete Hymeniumteile, deren Spermatienproduktion längst eingestellt war. Es ist also diese Form (Fig. 17) dadurch aus einer einfachen, länglichen (wie in Fig. 16) entstanden, daß einzelne Teile der letzteren ausläuferartig in das Markgewebe hinein fortgewachsen sind. Dadurch wird natürlich eine Vergrößerung der ursprünglichen Hymenialfläche und somit auch eine vermehrte und fortdauernde Produktion von Spermatien erzielt.

Die jeweilige Gestalt des Spermogoniums ist, wie auch schon aus dem eben Gesagten hervorgeht, vielen Modifikationen unterworfen, die jedoch nur bei wenig Arten (Psora decipiens, Stereocaulon incrustatum) sehr bedeutend sind. Zu diesen gehört auch die schon mehrfach erwähnte Pyrenula nitida *Weig.*, auf deren polymorphe Spermogonien ich noch besonders aufmerksam machen möchte.

Nach *Lindsay* sollen bisweilen auch Spermogonien vorkommen, die in Größe und Gestalt einem Apothecium gleichen. So bei Placodium circinatum *Pers.* var. ecrustaceum[1]) und Lecanora polytropa *(Ehrh.) Th. Fr.*[2]). Es wäre nicht unmöglich, daß diese von *L.* beschriebenen Spermogonien schon ein sehr hohes Alter hatten, und beeinflußt von dem Wachstum des Thallus sich allmälig stark schüsselförmig erweiterten. Wenigstens beobachtete ich etwas derartiges bei Lecanora subfusca *Ach.* var. allophana *Ach.*; solche Spermogonien zeigten sich ganz erfüllt von einem obliterierten und stark dunkel gefärbten Hymenium, bis auf eine kleine, tief im Centrum gelegene Partie, die noch lebenskräftig war und normale Spermatien enthielt. Doch erreichten diese Bildungen nie die Größe der Apothecien.

B. Größe des Spermogoniums.

Die Größe der meisten Spermogonien bewegt sich zwischen 150 und 400 μ. Die kleinsten Spermogonien fand ich bei Parmelia aspidota, die nur 25 bis 35 μ breit waren; und die größten bei Sticta herbacea, deren Durchmesser 588—728 μ beträgt.

Die folgende Liste giebt einen Überblick über die Größenverhältnisse der von mir untersuchten Spermogonien. Der Vollständig-

[1]) = Lecanora Agardhiana *Ach.* *Schaerer,* Exsicc., Nr. 617 (I. Tab. XV, Fig. 20 und 21).

[2]) *Linsday* II, Spezimen 3, pag. 224.

keit wegen habe ich mehrere Messungen von *Tulasne* und *Wainio* mitverwertet. Überall da, wo eine Spermogoniumwandung vorhanden ist, mußte diese bei der Messung selbstverständlich miteingerechnet werden. Der Kürze wegen ist das Verhältnis der Spermogonienbreite zur Länge in Bruchform wiedergegeben. Der Zähler drückt die Breite und der Nenner die Länge in Mikra aus. Die Flechten sind derart angeordnet, daß die Maximalwerte eine aufsteigende Stufenleiter repräsentieren. Bei einigen Flechten findet sich nur die Breite angegeben; es sind das solche Früchtchen, die kugelig oder fast kugelig sind.

Die Maximalbreite liegt zwischen 25 und 50 μ bei:

Parmelia aspidota $\frac{25-35\ \mu}{30-40\ \mu}$.

Die Maximalbreite liegt zwischen 50 und 100 μ bei:

Cornicularia aculeata $\frac{50-60\ \mu}{60\ \mu}$ Cladonia silvatica β. laevigata *Wain.* 70—75 μ; Opegrapha vulgata $\frac{39{,}2-78{,}4\ \mu}{36{,}4-72{,}8\ \mu}$; Roccella Montagnei 60—80 μ; Arthonia galactites *Duf.* 80 μ; Peltigera rufescens $\frac{88\ \mu}{110\ \mu}$; Parmelia lanata *Fr.* $\frac{86{,}4-96\ \mu}{84-108\ \mu}$; Opegrapha varia *Pers.* δ. diaphora *Ach.* $\frac{80-100\ \mu}{130\ \mu}$; Lecidea (= Toninia) conglomerata *Ach.* $\frac{80-100\ \mu}{200-300\ \mu}$.

Die Maximalbreite liegt zwischen 100 und 150 μ bei:

Pertusaria communis D.C. var. rupestris D.C. $\frac{104\ \mu}{187\ \mu}$; Physcia caesia *Hoff.* $\frac{93{,}5-104\ \mu}{143-154\ \mu}$; Placodium candicans $\frac{47-106{,}5\ \mu}{67-134\ \mu}$; Cladonia botrytes *Wlld.* $\frac{60-110\ \mu}{40-50\ \mu}$; Cl. retipora *(Lab.) Fr.* 90—110 μ; Cl. silvatica β. portentosa *(Duf.) Del.* 90—110 μ; Callopisma cerinum *Kbr.* $\frac{100-120\ \mu}{100-120\ \mu}$; Placodium chrysoleucum $\frac{99-121\ \mu}{104-137{,}5\ \mu}$; Physcia obscura *Nyl.* $\frac{110-121\ \mu}{165\ \mu}$; Evernia Trulla *Kbr.* $\frac{86{,}7-123\ \mu}{102-127{,}5\ \mu}$; Cladonia rangiferina $\frac{130\ \mu}{160\ \mu}$; Placodium saxicolum $\frac{44-132\ \mu}{60{,}5-176\ \mu}$; Physcia endococcina $\frac{44{,}8-137\ \mu}{78{,}5-120{,}3\ \mu}$; Parmelia physodes $\frac{66-143\ \mu}{77-209\ \mu}$; Parmelia stygia $\frac{99-143\ \mu}{88-154\ \mu}$; Roccella tinctoria $\frac{100-143\ \mu}{132-187\ \mu}$; Phiscia speciosa $\frac{110-143\ \mu}{154-220\ \mu}$; Gyrophora hirsuta $\frac{150\ \mu}{250\ \mu}$; Urceolaria scruposa $\frac{150\ \mu}{160\ \mu}$.

Die Maximalbreite liegt zwischen 150 und 200 μ bei:

Alectoria tristis $\frac{81{,}6-158\ \mu}{102-193{,}8\ \mu}$; Parmelia tiliacea $\frac{91{,}8-153\ \mu}{117-229{,}5\ \mu}$; P. caperata

8*

$\frac{93,5-154\ \mu}{77-121\ \mu}$; Nephromium laevigatum *(Ach.) Nyl.* $\frac{99-154\ \mu}{77-110\ \mu}$; Physcia tenella $\frac{77-154\ \mu}{165-209\ \mu}$; Ph. elegans $\frac{143-154\ \mu}{165-187\ \mu}$; Parmelia conspersa $\frac{61,2-158\ \mu}{71,4-158\ \mu}$; Placodium circinatum $\frac{143-159,5\ \mu}{154-187\ \mu}$; Candelaria concolor $\frac{99-165\ \mu}{143-198\ \mu}$; Pyrenula nitida $\frac{98-168\ \mu}{56-98\ \mu}$; Parmelia encausta $\frac{76,5-173,4\ \mu}{102-229,5\ \mu}$; Physcia murorum *Hoff.* $\frac{121-176\ \mu}{176-231\ \mu}$; Peltigera polydactyla 150—180 μ; Parmelia Acetabulum $\frac{132-187\ \mu}{154-198\ \mu}$.

Die Maximalbreite liegt zwischen 200 und 250 μ bei:

Lecanora subfusca var. allophana $\frac{66-204\ \mu}{76,5-239,7\ \mu}$, Platysma Fahlunense $\frac{95-210\ \mu}{130-250\ \mu}$; Placodium crassum *Th. Fr.* $\frac{220\ \mu}{330\ \mu}$; P. lentigerum $\frac{165-242\ \mu}{143-253\ \mu}$; Xanthoria parietina *Fr.* $\frac{121-242\ \mu}{132-253\ \mu}$; Physcia decipiens *Arn.* $\frac{121-242\ \mu}{165-286\ \mu}$; Placodium gypsaceum $\frac{154-242\ \mu}{154-352\ \mu}$; Acroscyphus sphaerophoroides *Lev.* $\frac{200-250\ \mu}{330\ \mu}$.

Die Maximalbreite liegt zwischen 250 und 300 μ bei:

Thalloëdema candidum $\frac{165-253\ \mu}{187-253\ \mu}$; Ramalina scopulorum $\frac{168,3-255\ \mu}{132,6-330,8\ \mu}$; Thalloëdema coeruleo-nigricans $\frac{110-264\ \mu}{143-308\ \mu}$; Psora lurida $\frac{132-264\ \mu}{165-407\ \mu}$; Umbilicaria pustulata $\frac{132-275\ \mu}{165-264\ \mu}$; Placodium fulgens $\frac{143-286\ \mu}{187-242\ \mu}$.

Die Maximalbreite liegt zwischen 300 und 350 μ bei:

Placodium alphoplacum $\frac{209-319\ \mu}{275-429\ \mu}$; Placodium melanaspis $\frac{253-330\ \mu}{330-352\ \mu}$; Sticta amplissima $\frac{308-336\ \mu}{322-392\ \mu}$.

Die Maximalbreite liegt zwischen 350 und 400 μ bei:

Endocarpon rivulorum *Arn.* $\frac{264-374\ \mu}{220-330\ \mu}$; Endopyrenium rufescens $\frac{231-385\ \mu}{220-495\ \mu}$; Placodium Lagascae $\frac{220-396\ \mu}{280-495\ \mu}$; die meisten Cladonien 150—400 μ; Ramalina calicaris $\frac{300-400\ \mu}{400\ \mu}$.

Die Maximalbreite liegt zwischen 400 und 450 μ bei:

Psora decipiens $\frac{200-407\ \mu}{154-286\ \mu}$; Lichina pygmaea *Ach.* $\frac{264-429\ \mu}{374-495\ \mu}$; Cladonia bellidiflora *Schaer.* 300—450 μ.

Die Maximalbreite liegt zwischen 450 und 500 μ bei:

Anaptychia ciliaris $\frac{148,5-451\ \mu}{242-550\ \mu}$; Cladonia cornuta *Schaer.* 260—480 μ; Cl. stenophyllodes *Wain.* 320—500 μ; Cl. cerasphora *Wain.* 360—500 μ; Gyalecta cupularis *Körb.* 500 μ.

Die Maximalbreite liegt zwischen 500 und 550 μ bei:

Sticta linita $\frac{495-539\ \mu}{385-407\ \mu}$; Psora testacea $\frac{176-550\ \mu}{264-440\ \mu}$; Endocarpon fluviatile $\frac{220-550\ \mu}{220-462\ \mu}$; Cladonia foliacea *Schaer.* β. convoluta *Wain.* 240—550 μ; Cladonia gracilis *Fr.* 250—550 μ; und Cl. acuminata *Norrl.* 400—550 μ.

Die Maximalbreite übersteigt 550 μ bei:

Sticta pulmonacea $\frac{448-574\ \mu}{266-322\ \mu}$; Parmelia pulverulenta $\frac{176-594\ \mu}{198-550\ \mu}$; und Sticta herbacea $\frac{588-728\ \mu}{434-616\ \mu}$.

C. Anatomie und Entwickelungsgeschichte der Flechtenspermogonien.

Als die wichtigsten Organe kommen hier zunächst die Elemente, an denen die Conidien gebildet werden, und diese letzteren selbst in Betracht; außerdem aber noch die Höhlung, die Wandung und die Mündung der Spermogonien.

a. Die Conidien bildenden Elemente oder der Basidienapparat.

Die Conidien bildenden Elemente pflegte man bisher «Sterigmen» zu bezeichnen. *Nylander* unterscheidet in seiner «Synopsis methodica Lichenum»[1]: 1. Einfache Sterigmen, «stérigmates simples», die stets aus länglichen oder cylindrischen Zellen von 1—2 μ Dicke bestehen; bald sind sie einzellig und erzeugen dann nur an der Spitze Spermatien; bald mehrzellig und sind dann aus wenigen Zellen oder «Gliedern» aufgebaut, die terminal und lateral Spermatien bilden. 2. Gegliederte Sterigmen, «stérigmates articulés», die sich stets aus vielen, ziemlich isodiametrisch gestalteten Zellen oder Gliedern zusammensetzen. Von *Nylander* werden sie (l. c., pag. 35) mit folgenden Worten charakterisiert: «La modification la plus complexe que l'on y remarque est celle ou le stérigmate consiste en filaments à articles courts et presque aussi épais que longs, qui portent de petites spermaties cylindriques, constamment droites (pl. I, Fig. 4d, 18b, IV, Fig. 16b). Ces stérigmates, d'une égale epaisseur d'un bout à l'autre (ou arthrostérigmates), sont très serrés entre eux dans l'intérieur des spermogonies et semblent agglutinés, surtout vers leur base; ils remplissent presque toute la cavité de la spermogonie; leur épaisseur est ordinairement de 0,004—0,005 millim. . . . .»

[1]) pag. 34 und 35.

Die übrigen deskriptiven Lichenologen folgen im wesentlichen dem Beispiel *Nylanders*[1]). Ein Gleiches gilt von *Lindsay*, der ganz beeinflußt von der systematischen Richtung, von falschen Vorstellungen ausgehend, seine Untersuchungen anstellte. Der einzige, der bis heute die richtigste Darstellung von dem anatomischen Bau der Conidienfrüchte von Flechten gegeben hat, ist *Tulasne*. Wenn auch die anatomischen Bilder *Tulasnes* den meisterhaften Habitusbildern bei weitem nachstehen, so ist doch aus den begleitenden Texteswortén ersichtlich, daß *Tulasne* sich eine sehr richtige Kenntnis von dem Bau der Spermogonien auf Grund selbständiger Beobachtung gebildet hatte. Leider ist *Tulasne* weder von *Lindsay* noch von seiten der Systematiker hinlänglich gewürdigt worden.

Es herrscht jedoch, wie ich im folgenden zeigen werde, eine weit größere Mannigfaltigkeit in dem anatomischen Bau der Spermogonien, als man bisher annahm; sodaß ich mich genötigt sehe, an die Stelle der «einfachen und gegliederten Sterigmen» eine etwas andere Einteilung der Conidien erzeugenden Elemente treten zu lassen. Ich unterscheide acht Formenkreise oder Typen, die allemal nach einer bestimmten Flechtengattung — ihrem wichtigsten Vertreter — benannt werden. Es sind dies: 1. der Peltigera-Typus; 2. der Psora-Typus; 3. der Cladonia-Typus; 4. der Placodium-Typus; 5. der Parmelia-Typus; 6. der Sticta-Typus; 7. der Physcia-Typus und 8. der Endocarpon-Typus. — Der Übersicht wegen wird es zweckmäßig sein, an der Hand einfacher Schemata diese acht Typen kurz zu erläutern.

Zuvor jedoch muß ich noch auf die Bedeutung des Wortes «Sterigma» hinweisen, das bisher bei den Flechten in nicht korrekter Weise angewendet wurde. Unter einem Sterigma versteht man entweder e i n e Pilzzelle (z. B. an den Conidienständen von Penicillium) oder A u s s t ü l p u n g e n e i n e r solchen (z. B. an den Basidien der Hutpilze), welche an ihrer Spitze Conidien erzeugen.

Die Sterigmen in dem von *Nylander* gefaßten Sinn dagegen repräsentieren bald weniger, bald mehr kompliziert gebaute Z e l l s y s t e m e,

[1]) Bei dieser Gelegenheit möchte ich darauf aufmerksam machen, daß bei *Wainio* (Brasilien) das Wort «exarticulatus» die irrtümliche Bedeutung von «nicht gegliedert» hat. «Sterigmata exarticulata» sind nach *Wainio* identisch mit «St. simplicia», was aus den Citaten ersichtlich ist. Entsprechend dem Sprachgebrauch im Lateinischen jedoch wird durch die vorgesetzte Präposition ex stets auf eine V e r s t ä r k u n g des zugefügten Adjektivs abgezielt, nicht aber auf dessen Verneinung.

die als Tragapparate für die Sterigmen funktionieren und je nachdem als Conidienstände oder Basidienapparate bezeichnet werden müssen.

Was nun die einzelnen Typen anlangt, so habe ich dieselben so angeordnet, daß sie eine Stufenleiter vorstellen; der erste Typus weist die einfachsten Spermogonien, der letzte die kompliziertesten auf.

1) Bei dem Peltigera-Typus (Fig. 5) ist die innere Wandung des Früchtchens austapeziert mit Conidienständen primitivster Art. Sie bestehen aus je einer Basalzelle (= B), welche 1—2 lange, schlauchförmige Zellen, die Sterigmen ($S_1 - S_3$), tragen. Die Conidien sind hier stets groß und breit, und entstehen dadurch, daß im obersten Teil des Sterigma (S_2) eine Querwand auftritt, an welcher die Abtrennung erfolgt.

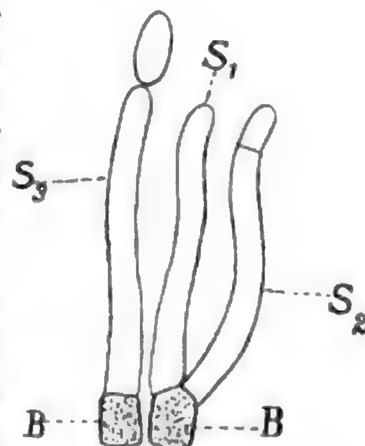


Fig. 5. Schema für den Peltigera-Typus. In dieser und den drei folgenden Figuren sind mit S_1—S_3 Sterigmen mit drei aufeinanderfolgenden Stadien der Spermatienproduktion dargestellt. Die «Basalzellen», die Träger der Sterigmen, sind in den genannten Figuren dunkel gehalten. Die linke Basalzelle (= B) trägt ein Sterigma; die rechte trägt zwei.

2) Bei dem Psora-Typus ist das Früchtchen an seiner inneren Wandung mit etwas komplizierteren Conidienständen ausgekleidet, als dies beim vorigen Typus der Fall war (Fig. 6). Doch lassen sich die ersteren von den letzteren in sehr einfacher Weise dadurch ableiten, daß man eine Teilung der ursprünglichen Basalzelle in drei neue Basalzellen (B_1—B_3) annimmt. Dadurch ist es natürlich möglich geworden, daß außer der terminalen Zelle (B_3) auch noch eine der unteren mit einem eigenen Sterigma ausgerüstet ist. Die Sterigmen und Conidien sind stets kleiner als beim Peltigera-Typus. Die Bildung der Conidien ist die gleiche wie dort, aber diese letzteren sind stets cylindrisch.

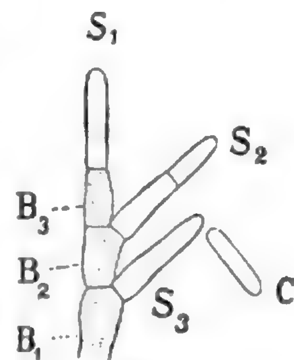


Fig. 6. Schema für den Psora-Typus. Mit B_1—B_3 sind drei übereinanderstehende Basalzellen bezeichnet, die seitlich und terminal die Sterigmen (S_1—S_3) tragen. C eine reife Conidie.

Die Entwicklung der Conidien von Typus 1 und 2 steht derjenigen bei allen anderen Typen gegenüber. Bei diesen wird die Conidienbildung in der Regel eingeleitet durch terminale Sprossung des Sterigma, sodaß später die gebildete Aussackung zur Conidie wird. Bei jenen dagegen (Typus 1 und 2) wird,

wie wir sahen, die Conidienbildung eingeleitet durch Auftreten einer Querwand im oberen Teil des Sterigma.

3) Der Cladonia-Typus kann vom vorigen durch weitergehende Differenzierung und Streckung der Basalzellen in die Länge abgeleitet werden (Fig. 7). Die dunkel gehaltenen Basalzellen repräsentieren bereits ein sehr einfach verzweigtes Zellsystem, dessen linker Ast (= A) an seiner Spitze ebenfalls zwei Sterigmen trägt. Diese sind häufig flaschenförmig und erzeugen durch terminale Sprossung cylindrische Conidien (= C).

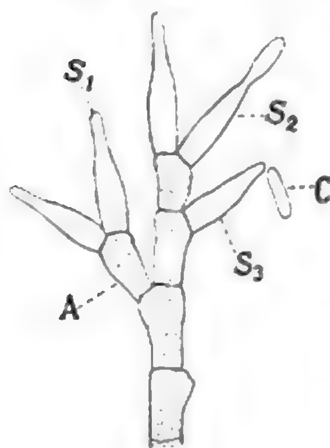


Fig. 7.

Fig. 7. Schema für den Cladonia-Typus. Die dunkel gehaltenen Basalzellen sind in eine Hauptaxe und eine Seitenaxe (= A) gegliedert. Beide endigen mit je zwei Sterigmen. Von den flaschenförmigen Sterigmen hat S_1 oben an der Spitze eine cylindrische Conidie (= C) abgeschnürt. Im übrigen ist die Bezeichnung wie bei voriger Figur.

4) Der Placodium-Typus (Fig. 8) unterscheidet sich im wesentlichen von dem vorigen Typus nur durch seine höchst charakteristischen Conidien (= C), die stets sehr lang, dünn und fast immer mehr oder weniger stark gekrümmt sind. Die Gestalt der Sterigmen (S) ist vorwiegend cylindrisch.

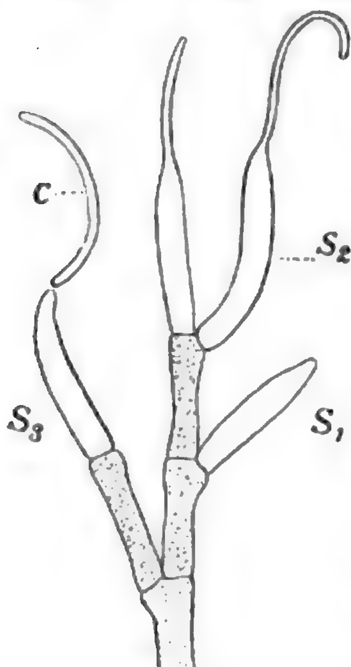


Fig. 8.

Fig. 8. Schema für den Placodium-Typus. Die Basalzellen konstituieren ein ähnliches Zellsystem als wie in voriger Figur. Sterigma S_3 hat eben eine Conidie (= C) abgeschnürt; von den übrigen tragen zwei Conidien in verschiedenen Entwickelungszuständen an ihrer Spitze.

Bei den bisher behandelten Typen bildete das Sterigma stets **eine** Zelle für sich, mit welcher stets eine Haupt- oder Seitenaxe endete. Bei den vier folgenden Typen aber sind die Sterigmen auf seitliche Ausstülpungen der Basalzellen reduziert; diese letzteren können hier Basidien genannt werden. Außerdem aber trennen sich bei der Entwicklung des Früchtchens die Basalzellen nur unvollständig voneinander. Diese teilweise Trennung ist in Typus 9 angedeutet, schreitet in den folgenden Typen stufenweise vorwärts, bis sie im letzten Typus ihren Höhepunkt erreicht hat. Der Nucleus solcher Spermogonien besteht dann der Hauptsache nach aus einem festen, parenchymatischen Gewebe, das nur noch viele kleine Kämmerchen einschließt, in die hinein die Spermatien gebildet werden.

5) Der Parmelia-Typus (Fig. 9). Die Basalzellen bilden hier, noch ähnlich wie in den vorhergehenden Typen, größere Systeme, aber diese bleiben häufig seitlich noch miteinander in Verbindung, durch eigentümlich geformte Zellen (Z in Fig. 9). Das wichtigste Erkennungsmerkmal jedoch, das fast jede Zelle des Basidienapparates an sich trägt, sind die bajonettförmigen Sterigmen. Sie sitzen seitlich als lange, schlauchartige Ausstülpungen den Basalzellen an und sind nie durch eine Querwand abgetrennt. Die Conidien sind vorwiegend cylindrisch.

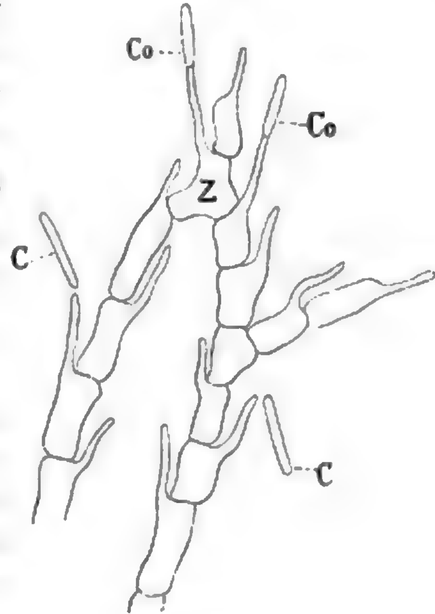


Fig. 9.

Fig. 9. Schema für den Parmelia-Typus. Ein komplizierterer Conidienstand, der im wesentlichen aus zwei oben miteinander (durch Zelle Z) in Verbindung stehenden Zellreihen sich aufbaut. Rechts ein aus zwei Basidien bestehender Seitenast. Jede Basidie trägt je ein bajonnettförmiges Sterigma. Co sind halbreife und C reife Conidien.

6) Bei dem Sticta-Typus (Fig. 10) bilden die Basalzellen ein sehr lockeres Netzwerk, das große, radiär angeordnete Maschen umschließt. Nach der Peripherie des Früchtchens zu bleiben jedoch die Zellreihen der Basidien so miteinander in Verbindung, daß häufig ein parenchymatischer Wandbelag (= W) zurückbleibt, der kleine Conidien bildende Kämmerchen einschließt. Die Basalzellen sind in der Regel ebenso lang als breit und ziemlich dickwandig.

Während bei dem vorigen Typus die Sterigmen immer noch verhältnismäßig große, deutliche Ausstülpungen der Basalzellen vorstellten, so sind sie hier bei dem Sticta-Typus auf winzige Gebilde reduziert, die bei starker Vergrößerung nur wie kleine, die Spermatien tragende Stielchen aussehen. Die Conidien sind ziemlich klein und cylindrisch.

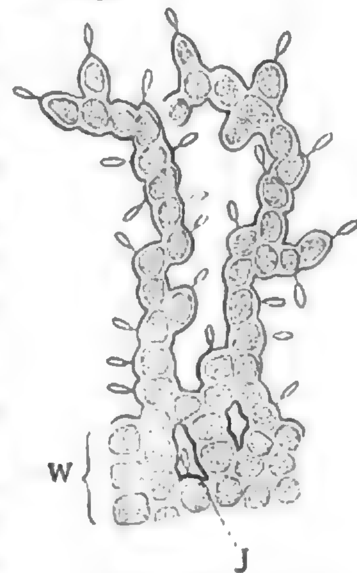


Fig. 10.

Fig. 10. Schema zum Sticta-Typus. Die Basidien bilden sehr unregelmäßige Zellreihen (welche sehr lang gestreckte, hier nicht angedeutete Netzmaschen einschließen). Die Basalzellen sind dickwandig, ziemlich isodiametrisch und tragen auf winzigen, stielchenartigen Sterigmen die Conidien. W = parenchymatische, der Wandung ansitzende Partie des Basidienapparates, die kleine Conidien erzeugende Interzellularen (= J) einschließt.

7) Der Physcia-Typus (Fig. 11) ist dem Sticta-Typus ganz ähnlich. Nur ist die gegenseitige Trennung der Basalzellen während der Entwicklung eine noch viel unvollkommenere. Es bleiben nicht nur im peripheren Teil des Basidienapparates, sondern auch an beliebigen anderen Stellen desselben bald größere, bald kleinere sterile Gewebskomplexe (= G) bestehen.

Die Anastomosenbildung der aus Basidien bestehenden Hyphen ist im Vergleich zu vorigem Typus eine viel reichere; und die Netzmaschen sind dementsprechend auch kleiner und zahlreicher. Die Basalzellen sind polygonal oder cylindrisch und können bisweilen mehrere Sterigmen erzeugen. Letztere sind ähnlich denen des Sticta-Typus oder auf scheinbare Membranpapillen reduziert. Die Conidien sind klein und stets cylindrisch.

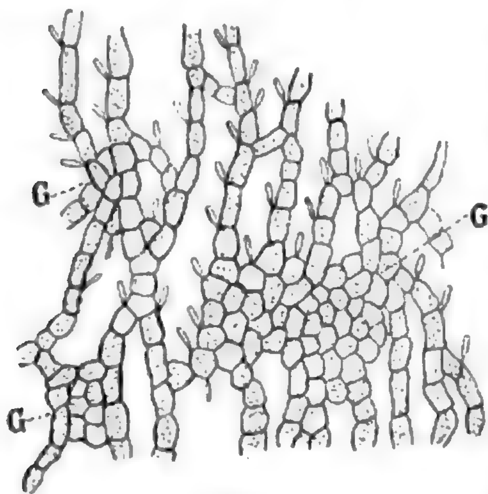


Fig. 11.

Fig. 11. Schema zum Physcia-Typus. Ein Stückchen aus dem Basidienapparat; das verschieden große Maschen bildende Netzwerk schließt links zwei kleinere (= G) und rechts einen größeren, ebenfalls mit G bezeichneten Gewebskomplex ein, von welchen allemal nur die äußersten Zellen Sterigmen und Conidien hervorbringen können.

8) Der Endocarpon-Typus (Fig. 12). Die gegenseitige Trennung der Basalzellen ist hier am unvollkommensten. Die Gewebskomplexe steril bleibender Basalzellen, die beim vorigen Typus als lokalisierte Bildungen in dem Basidienapparate auftraten, erfüllen hier beim Endocarpon-Typus (Fig. 12) gleichsam das ganze Früchtchen bis auf eine bestimmte Anzahl verschieden geformter Hohlräume, die nunmehr an die Stelle der Netzmaschen getreten sind und in die hinein die Conidien gebildet werden. Somit stellt also der Basidienapparat von Endocarpon ein festes Gewebe mit intercellulären Kämmerchen vor, deren Wände von Sterigmen erzeugenden Basidien gebildet werden. Diese letzteren, sowie die steril bleibenden Basalzellen des übrigen Gewebes sind polygonal. Sterigmen und Conidien sind von denen des Physcia-Typus nicht verschieden.

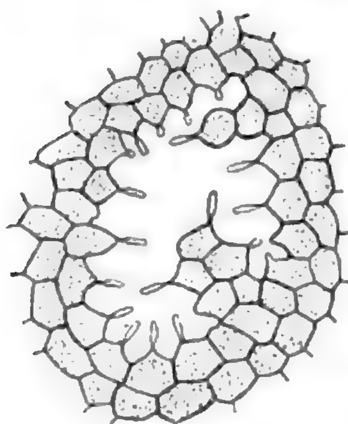


Fig. 12.

Fig. 12. Schema für den Endocarpon-Typus. Der Basidienapparat besteht aus einem festen Gewebe mit vielen Spermatien erzeugenden Kämmerchen, von denen hier nur eines im Längsschnitt wiedergegeben ist. Die

Conidien erzeugenden Basalzellen (= Basidien) kleiden die Innenwände der Kämmerchen aus und bilden an winzigen Sterigmen die Spermatien, welche in verschiedenen Entwicklungsstadien zu sehen sind.

Nachdem ich jetzt den Leser an der Hand schematischer Figuren in die Morphologie des Basidienapparates eingeführt habe, kann zur speciellen Behandlung der einzelnen Typen übergegangen werden.

1. Peltigera-Typus.

Als Beispiel für diesen Typus mag Peltigera rufescens *Hoff.* gelten, die einzige Peltigeraart, bei der ich Spermogonien zu wiederholten Malen antraf. Sie stellen kleine, halbkugelige, braune Knötchen am Thallusrande dar. Der Längsschnitt eines solchen zeigt einen kugeligen oder eiförmigen Nucleus (Tab. II, Fig. 19) im Centrum mit einer einfachen Höhlung, in der sich immer nur verhältnismäßig wenig Conidien vorfinden. Den Hauptbestandteil des Nucleus bilden radial gestellte, sehr große und lange Sterigmen (= S). Bei starker Vergrößerung erscheinen letztere als lange, schlauchförmige Zellen von etwas unregelmäßiger Gestalt, erfüllt mit feinkörnigem Inhalt (Fig. 13a). Diese Zellen repräsentieren die größten Sterigmen im ganzen Flechtenreich. Sie werden getragen von «Basalzellen», deren Gestalt rechteckig oder polygonal ist. Größere Basalzellen (mit 1 bezeichnet) tragen je zwei Sterigmen; und kleinere (mit 2 bezeichnet) nur eines. Diese zeigen den Conidienstand in seiner primitivsten Ausbildung, jene dagegen konstituieren in Wahrheit schon ein kleines, wenn auch nur zweiästiges, Sterigmensystem. Hier und da findet man Sterigmen (= s), die nur halb so lang sind als die eben geschilderten, und die dann von einer ihnen ähnlichen Basalzelle zweiter Ordnung (= B) getragen werden.

Die Bildung der Conidien (Fig. 13b) wird eingeleitet durch Auftreten einer Querwand in der Spitze der schlauchförmigen Sterigmen (1). Diese kleine neugebildete Zelle schwillt dann allmälig an, vergrößert sich (2—4), und gleichzeitig treten in ihr stark lichtbrechende farblose Öltröpfchen von ungleicher Größe auf, bis schließlich eine Lostrennung erfolgt und die Conidien (= C) gebildet sind. Letztere sind 2—$2^1/_2$ mal so lang als breit, mit etwas unregelmäßigem Kontur und fast stets durch eben besagte Öltröpfchen ausgezeichnet. — Die von *Nylander* (Synopsis, Tab. I, Fig. 27) gegebene Abbildung der Sterigmen von P. rufescens ist im wesentlichen richtig, aber zu sehr schematisiert.

Abgesehen von P. rufescens sind nur noch von P. canina *Hoff.* und P. polydactyla *Hoff.* durch *Tulasne* die Spermogonien etwas

näher untersucht und beschrieben worden. Die Sterigmen von P. polydactyla *Hoff.* (l. c., Tab. IX, Fig. 16) dürften identisch sein mit denen von P. rufescens. Dagegen scheinen die Sterigmenstände von P. canina *Hoff.* (l. c., Tab. IX, Fig. 11—14) schon zu Typus 2 hinzuneigen. Im übrigen sind die Spermogonien der zwei in Rede stehenden Arten nicht abweichend von denen bei P. rufescens.

Die außerordentliche Ähnlichkeit, welche die kleinen knötchenförmigen Spermogonien am Thallusrande mit Apotheciumanlagen besitzen, sowie die große Seltenheit, mit der sie bei uns auftreten, haben *Fünfstück* veranlaßt (pag. 158 und 159), das Vorkommen von Conidienfrüchten bei Peltigera in Frage zu ziehen und selbst *Tulasnes* Untersuchungen als irrig hinzustellen. Nach *Fünfstücks* Angabe hätten *Tulasne* und andere Autoren jugendliche Apothecien für Spermogonien angesehen, sowie askogene Hyphen und Bruchstücke solcher, die aus dem Schlauchfruchtprimordium stammten, für Sterigmen und Conidien ausgegeben. —

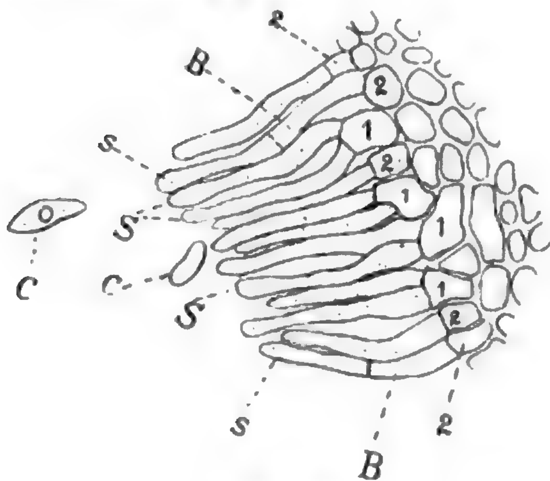


Fig. 13a.

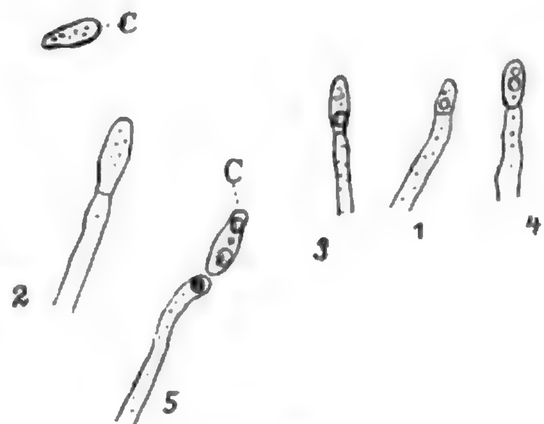


Fig. 13b.

Fig. 13a. Ein Stückchen des Basidienapparates von P. rufescens stark vergrößert. S = Sterigmen; die mit 1 bezeichneten Basalzellen tragen je zwei Sterigmen; die mit 2 bezeichneten aber nur je ein Sterigma. C = Conidien. Im übrigen siehe den Text. 910mal vergrößert.

Fig. 13b. Entwicklung der Conidien am Sterigma. Mit 1—5 sind aufeinanderfolgende Entwicklungsstadien bezeichnet. C = Conidien. 910mal vergrößert.

2. Psora-Typus.

Während der Peltigera-Typus bis jetzt auf nur eine Gattung sich beschränkt findet, konnte der Psora-Typus für eine Reihe von Flechten aus sechs verschiedenen Gattungen nachgewiesen werden. Die wichtigsten Vertreter des Typus bilden: Lecanactis abietina, Psora decipiens, Ramalina scopulorum und Candelaria concolor; während

Callopisma vittellinum, Opegrapha vulgata und Psora testacea infolge ihrer Conidienbildung zum Cladonia-Typus hinneigen.

Besonders charakteristische Merkmale des Psora-Typus liegen in der Beschaffenheit der Conidienstände, in der isolierten Stellung der Sterigmen an diesen letzteren, sowie in der Conidienentwicklung.

Die Conidienstände bestehen im einfachsten Fall aus je einer Basalzelle, die zwei bis mehrere Sterigmen trägt; so mitunter bei Lecanactis abietina *Kbr.* (Fig. 14), Opegrapha vulgata *Ach.* (Fig. 15a) und Ramalina scopulorum *Ach.* (Fig. 20, die rechte Figur). Diese noch sehr einfachen Conidienstände schlagen gleichsam eine Verbindungsbrücke zwischen dem Psora- und Peltigera-Typus.

Etwas komplizierter sind solche Conidienstände, die eine aus mehreren Basalzellen bestehende Hauptaxe besitzen, welche als Seitenorgane Sterigmen trägt und selbst mit einem solchen terminal endigt. So bei Opegrapha vulgata (Fig. 15b und c), Psora testacea *Hoff.* (Fig. 16a, b und d) und mitunter auch bei Ramalina scopulorum (Fig. 20, der linke Conidienstand).

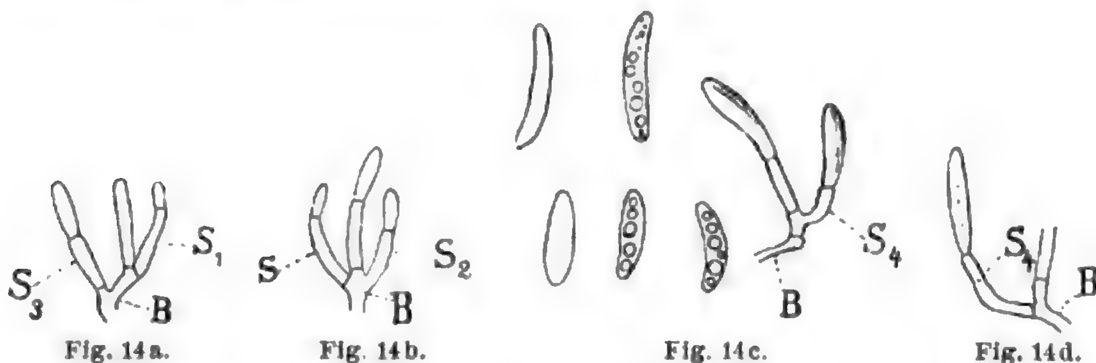


Fig. 14a—d. Verschiedenartige Conidienstände von Lecanactis abietina. Mit B ist die mehr oder weniger gestreckte Basalzelle bezeichnet, welche 2—3 Sterigmen (= S) trägt. S_1—S_4 sind Sterigmen in aufeinander folgenden Stadien der Conidienbildung. In c sind außerdem noch fünf Conidien mit abgebildet, von denen drei mit verschieden großen Öltröpfchen ausgezeichnet sind. Alles 910mal vergrößert.

C.

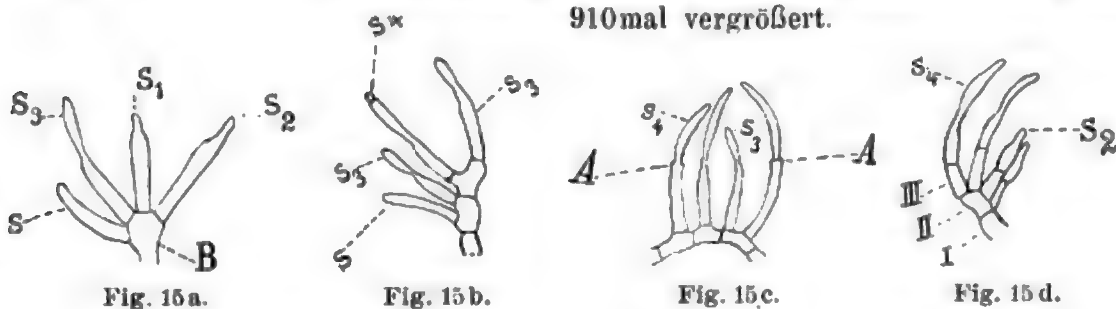


Fig. 15a—d. Mehrere Conidienstände von Opegrapha vulgata *Ach.* In a ein sehr einfacher Conidienstand, der aus nur einer Basalzelle (= B) und vier Sterigmen (s—s_3) besteht. In b und c konstituieren die Basalzellen eine

unverzweigte Hauptaxe, die seitlich und terminal (s_3 in b) die Sterigmen trägt. In d konstituieren die Basalzellen ein verzweigtes System, das aus drei Basalzellen (I—III) und drei Seitenästen besteht, die nicht näher bezeichnet sind und ebenso wie die Hauptaxe mit Sterigmen endigen. Alles ist 910mal vergrößert.

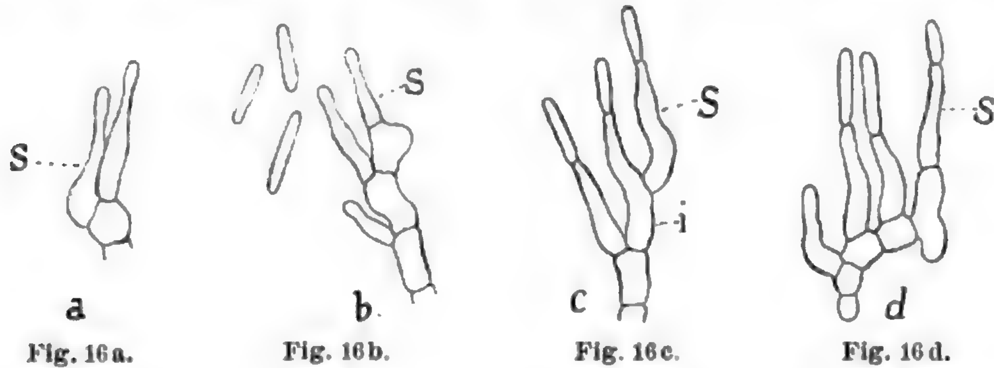


Fig. 16a. Fig. 16b. Fig. 16c. Fig. 16d.

Fig. 16 a—d. Conidienstände von Psora testacea *Hoff*. Die Basalzellen bilden in allen Figuren eine unverzweigte Hauptaxe, die stets mit je einem terminalen Sterigma (= S) endigt, während die übrigen nicht näher bezeichneten Sterigmen lateral sind. An den Sterigmen in a und b ist die Conidienbildung eingeleitet, an denen in c und d weiter fortgeschritten. In b sind außerdem drei reife Conidien (links oben) mit dargestellt. Alles ist 1200mal vergrößert.

Abgesehen von den bisher geschilderten Conidienständen kommen jedoch auch komplizierter gestaltete vor, deren Haupt- und Seitenaxen sich aus Basalzellen aufbauen. Dabei ist die Stellung der Sterigmen auch hier bald eine terminale, bald eine laterale; so z. B. bei Opegrapha vulgata (Fig. 15d), Psora decipiens *Kbr.* (Fig. 17), Callopisma vitellinum *Ehrh.* (Fig. 18), Candelaria concolor *Dicks.* (Fig. 19) und Ramalina scopulorum *Schaer.* (Fig. 20).

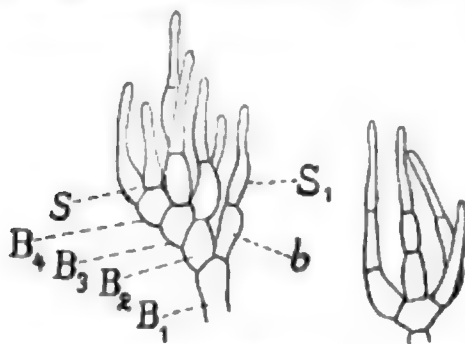


Fig. 17a.

Die Basalzellen sind entweder kubisch oder cylindrisch und dann mehrmals länger als breit. Mitunter sind sie etwas unregelmäßig gestaltet oder tonnenförmig angeschwollen (Psora decipiens, Fig. 17a und b).

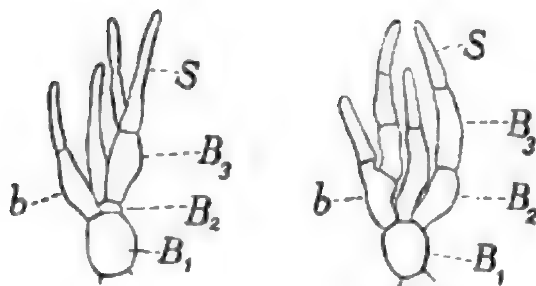


Fig. 17b.

Fig. 17. Verschiedenartige Conidienstände von Psora decipiens *Kbr.* Die Basalzellen bilden eine Hauptaxe, deren Zellen mit B_1—B_4 bezeichnet sind und welche Seitenaxen trägt, von denen einige

mit b bezeichnet sind. Über dem rechten Conidienstand in Fig. b sind vier Conidien gezeichnet, von denen drei cylindrisch und eine schwach gekrümmt ist. 1200mal vergrößert.

Fig. 18a—c. Conidienstände von Callopisma vitellinum *Ehrh.* Mit a sind Sterigmen bezeichnet, die an ihrer Spitze eine leichte Anschwellung,

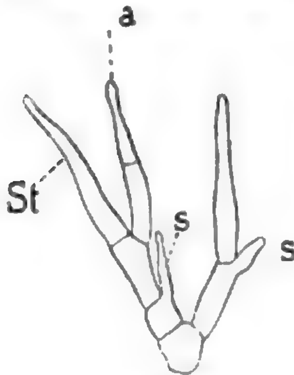


Fig. 18a.



Fig. 18b.

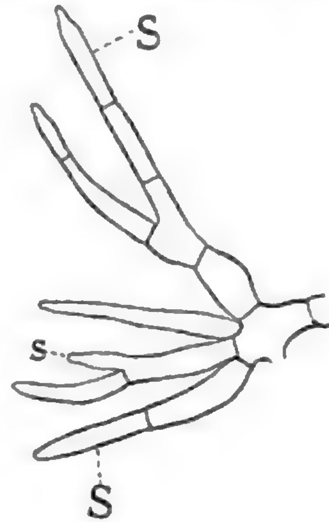


Fig. 18c.

den Anfang der Conidienbildung, zeigen; bei C eine eben vom Sterigma abgeschnürte Conidie. S sind oben plötzlich zugespitzte Sterigmen. St ist ein allmälig zugespitztes Sterigma. Mit s sind junge Sterigmen bezeichnet, die nachträglich durch seitliche Ausstülpung von Basalzellen entstanden sind. Alles ist 1200mal vergrößert.

Fig. 19. Zwei Conidienstände von Candelaria concolor *Dicks.* Die Basalzellen und die Sterigmen sind ziemlich gleichartig, cylindrisch ausgebildet. Im oberen Teil der Sterigmen S sind durch die Querwände bereits Conidien angelegt. Alles ist 910mal vergrößert.



Fig. 19a. Fig. 19b.

Fig. 20. Drei Sterigmenstände von Ramalina scopulorum. Rechts ein sehr einfacher Conidienstand, der nur aus einer Basalzelle (= B) und zwei Sterigmen besteht, zwischen welchen noch ein steriler Mycelfaden (= F) seine Ansatzstelle an der Basalzelle hat. Links zwei kompliziertere Conidienstände. Mit S—S_3 sind Sterigmen in aufeinander folgenden Entwicklungsstadien der Conidienbildung bezeichnet. Alles 720mal vergrößert.

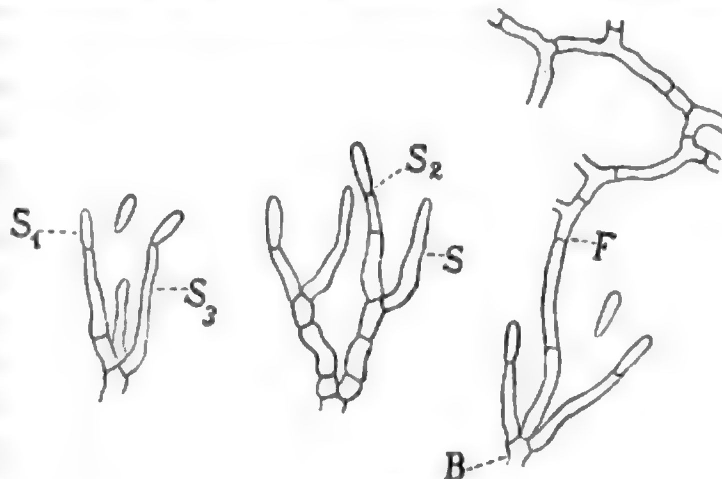


Fig. 20.

In dem reifen Früchtchen von Ramalina scopulorum finden sich zwischen den Conidienständen stets sogenannte «sterile Fäden» vor, welche in Gestalt eines vielmaschigen Netzwerkes die ganze Spermogonienhöhlung erfüllen, niemals Conidien erzeugen und gleich den

Sterigmen von denselben Basalzellen aus wie diese ihre Entstehung nehmen (die rechte Figur in 20). Da ich weiter unten bei der Entwicklungsgeschichte der Spermogonien von Parmelia physodes die Natur einer solchen Netzbildung im Spermogonium näher erläutern werde, so möchte ich vorderhand nur das eine hervorheben, daß wir es hier, ähnlich wie bei jener Flechte, mit einem primären Gebilde zu thun haben, das gleichzeitig mit dem Conidienapparat aus Elementen der Spermogoniumanlage hervorgegangen ist.

Zum Unterschied jedoch von dem Netzwerk der Parmelia physodes hat dasjenige bei Ramalina scopulorum so ziemlich gleichen Schritt gehalten mit der ganzen Entwicklung des Hymeniums; während bei Parmelia physodes die Entwicklung des Netzwerkes bald hinter derjenigen des Hymeniums zurückbleibt.

Die Sterigmen sitzen an größeren Conidienständen in der Regel isoliert. Sie bilden dann entweder die direkte Fortsetzung von Haupt- und Seitenaxen des Sterigmentragapparates (Fig. 15d, Fig. 17a u. b, Fig. 18 und die mittlere Fig. von 20 zeigen unter anderen solche Sterigmen), oder sie sitzen direkt einer aus Basalzellen bestehenden, einfachen Hauptaxe an (siehe pag. 45). Seltener sind mehrere Sterigmen gleichzeitig auf ein und derselben Basalzelle anzutreffen (siehe pag. 45). Ausnahmsweise kann ein Sterigma auch von einer seitlichen Ausstülpung einer interkalaren Basalzelle gebildet werden; so bei Psora testacea (Zelle i in Fig. 16c) und etwas häufiger bei Callopisma vitellinum (Sterigma s in Fig. 18a und c). Die Gestalt der Sterigmen ist eine cylindrische; in der Regel sind sie oben stumpf, selten mehr oder minder deutlich zugespitzt (Callopisma vitellinum, Fig. 18).

Die Conidienbildung wird zumeist eingeleitet durch Auftreten einer Querwand im oberen Teil der Sterigmen (Fig. 14, 17, 19, 20). Nur bei Psora testacea (Fig. 16a u. b) und Callopisma vitellinum (Fig. 18a u. b) geht der Querwandbildung eine leise Anschwellung des Sterigmaendes voraus. Eine Ausnahme macht Opegrapha vulgata (Fig. 15). Die Conidienbildung wird hier eingeleitet durch eine kleine, papillenförmige Ausstülpung des cylindrischen Sterigmaendes (s_1 und s_2 in Fig. 15a). Diese letztere schwillt nach und nach zu einem elliptischen Gebilde an (s_3 in a, b und c), das zur Conidie wird und sich vor dem Reifwerden erst noch etwas krümmt (s_4 in b, c und d). Es scheint mir sehr wahrscheinlich, daß ein Sterigma hier mehrere Conidien nacheinander erzeugt. An verschiedenen Sterigmen konnte ich kleine, papillenförmige Ansätze beobachten (A in Fig. 15c), die beiderseits neben fast reifen Conidien standen und die ich für An-

satzstellen bereits abgefallener Conidien halte. Hiermit ist die Conidienbildung von Thalloëdema coeruleo-nigricans (pag. 57) zu vergleichen.

Die Conidien des Psora-Typus sind zumeist cylindrisch (Fig. 16b und Fig. 17b, rechts) oder länglich (Fig. 18b und Fig. 20), seltener eiförmig (Candelaria concolor, Fig. 19b). Diejenigen von Lecanactis abietina (Fig. 14c) bekunden durch ihre längliche Gestalt, ihre Größe und ganz besonders durch ihren Reichtum an Öltröpfchen noch am meisten ihre Verwandtschaft zum vorigen Typus.

Als Anhang zu diesem Typus mögen noch mehrere unvollständig gekannte Flechtenspermogonien Erwähnung finden, die jedenfalls dem Psora-Typus angehören, nebst einigen kritischen Bemerkungen[1]).

Lecanactis abietina (= Lecidea a.) hat *Lindsay* von acht verschiedenen Lokalitäten auf den Basidienapparat hin untersucht und abgebildet. Soviel aus den unvollkommenen Bildern zu ersehen ist, dürften davon die Spermogonien von vier verschiedenen Standorten mit meinen untersuchten Exemplaren von L. a. harmonieren (l. c. Tab. XII, Fig. 29, 31, 32 und 35). Nicht aber gilt solches von den Exemplaren der vier anderen Lokalitäten, die, von *Lindsay* näher angegeben, Exsikkatenwerken entnommen waren. Diese letzteren können jedoch hier nicht noch weiter in Betracht gezogen werden, da dies Sache der Systematik ist. Vielleicht haben einen der Lecanactis a. ähnlichen Basidienapparat noch folgende Arten: Arthonia astroidea *Ach.* (l. c. Tab. XIV, Fig. 1—4), Verrucaria Taylori *Salw.* (l. c. Tab. XIV, Fig. 37), V. glabrata *Ach.* (l. c. Tab. XV, Fig. 11) und Calicium eusporum *Nyl.* (l. c. Tab. XV, Fig. 38). — Psora decipiens (= Lecidea d.) wird von *Lindsay* auf Tab. XII abgebildet. Die Conidienstände dieser Flechte sind scheinbar einzellige Gebilde, die an ihren plötzlich zugespitzten Ästen die Conidien erzeugen. Das Einzige, was an besagter Abbildung (20b) richtig ist, sind die kurzcylindrischen Spermatien. Vielleicht besitzen noch folgende Flechten einen Psora-artigen Basidienapparat: Lecanora parella *Ach.* (l. c. Tab. VIII, Fig. 2 u. 3), Urceolaria cretacea *(Ach.) Mass.* (l. c. Tab. X, Fig. 2), Pertusaria glomerata *Sch.* (l. c. Tab. X, Fig. 3c u. 4), Biatora rivulosa *Fr.* (Tab. X, Fig. 27), Diplotomma alboatrum *Kbr.* (Tab. XI, Fig. 26b), Catolechia canescens *Th. Fr.* (Tab. XIII, Fig. 8a), Opegrapha rupestris var. saxigena *Tayl.* (Tab. XIII, Fig. 50),

[1]) Es möge genügen, bei nur wenigen Flechten auf *Lindsay* näher einzugehen, während bei den übrigen Typen des Basidienapparates ich solches vermieden habe.

Arthonia punctiformis *Ach.* var. olivacea *Ach.* (Tab. XIV, Fig. 10) und Stigmatidium crassum *D.C.* (Tab. XIV, Fig. 18). — Einen der Ramalina scopulorum ähnlichen Basidienapparat besitzen: Ramalina fraxinea *L.*[1]), R. terebrata *Tayl.*[2]), R. ceruchis *Ach.*[2]), deren Spermogonienhöhlung ebenfalls von einem sterilbleibenden Netzwerk angefüllt ist. Ferner mögen vielleicht hierher gehören: Alectoria lata *Tayl.*[2]), Sphaerophorus coralloides *Pers.*[2]) und compressus *Ach.*[2]), Pyxine coccoes *Ach.*[2]) Nicht aber gehört Thalloëdema candidum hierher, welcher *Lindsay* irrtümlich Ramalina-artige Conidienstände und Spermatien zuschreibt (vergleiche pag. 53 ff.).

Einen der Candelaria concolor ähnlichen Basidienapparat besitzt Lichina pygmaea *Ag.*[3]) und Ephebe pubescens (nach *Bornet*). Vielleicht auch Gonionema velutinum *Whbg.*[4]), Enopsis hemelaea *Nyl.*[4]) und Schizoma lichinodeum *Nyl.*[4])

3. Cladonia-Typus.

Die Grenze zwischen dem Psora- und dem Cladonia-Typus ist eine weniger scharfe als bei allen anderen Typen. Auf die vermittelnde Stellung von Callopisma vitellinum, Opegrapha vulgata und Psora testacea habe ich bereits oben zur Genüge aufmerksam gemacht.

Die Conidienstände des Cladonia-Typus sind zumeist umfangreicher als beim Psora-Typus. Ganz einfache Conidienstände, die aus nur einer Basalzelle mit anhaftenden Sterigmen bestehen, wie wir sie beim Psora-Typus kennen lernten, kommen hier nur selten vor[5]). Und auch der in Fig. 22c gezeichnete Conidienstand gehört nicht hierher. In der Regel jedoch besteht der Sterigmentragapparat aus einer einfachen Reihe von Basalzellen (Placodium circinatum, Fig. 21a, und P. alphoplacum, Fig. 22b) oder es bilden letztere ein bald mehr, bald weniger reich gegliedertes Verzweigungssystem (Placodium circinatum, Fig. 21b; Cladonia cariosa, Fig. 23 und Cl. turgida, Fig. 24).

Die Basalzellen sind zumeist cylindrisch und länger als breit, niemals angeschwollen, wie gelegentlich beim Psora-Typus.

Die Sterigmen stehen seitlich oder terminal an den Conidienständen. Von seitlichen Sterigmen sitzt immer nur je eines einer inter-

[1]) *Tulasne,* Tab. II, Fig. 14 und 15.

[2]) Bildet *Lindsay* ab (Tab. IV, V, VI und XIV).

[3]) *Tulasne,* Tab. IX, Fig. 6, in welcher Abbildung die Querwände fehlen.

[4]) Nach *Crombie,* pag. 18, Fig. 1f; pag. 22, Fig. 3h; pap. 38, Fig. 9b.

[5]) Jedenfalls dürften, soviel aus *Wainios* Cladonien-Monographie ersichtlich ist, Cl. erythromelaena *Müll.* und Cl. macilenta *Hoff.* hierher gehören.

kalaren Basalzelle an (Zelle i in Fig. 21a u. b und Fig. 22b). Terminale Sterigmen dagegen stehen fast immer zu zweien bis mehreren am Ende der Äste an den Conidienständen beisammen (Fig. 21a, 22a bis c, 23), was besonders charakteristisch ist für den Cladonia-Typus und beim Psora-Typus an größeren Verzweigungssystemen niemals auftritt. Terminale und laterale Sterigmen pflegen gleichzeitig an den Conidienständen derselben Species vorzukommen. Nur terminale Sterigmen kommen nach *Wainio,* ausgenommen einige wenig bekannte Cladonia-Arten, auch der Cl. fimbriata *Fr.,* Cl. amaurocroea *Schaer.,* Cl. crispata *Flk.* und Cl. cenotea *Schaer.* zu. Auch sind in dem in Fig. 23 dargestellten Conidienstand von Cladonia cariosa nur terminale Sterigmen zu sehen[1]).

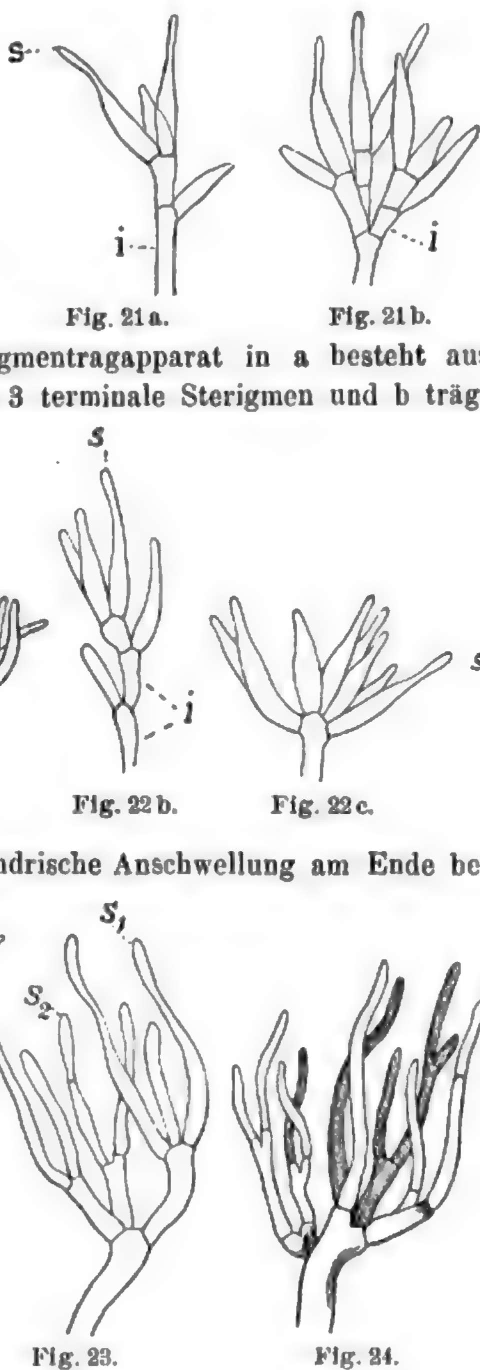


Fig. 21a und b. Zwei Conidienstände von Placodium circinatum *Pers.* Der Sterigmentragapparat in a besteht aus 2 Basalzellen; derjenige in b aus 6. a trägt 3 terminale Sterigmen und b trägt 3 × 2 terminale Sterigmen. i sind interkalare Basalzellen mit je einem seitlichen Sterigma. 910mal vergrößert.

Fig. 22a—c. Drei Conidienstände von Placodium alphoplacum, die je aus 2—3 reich mit Sterigmen besetzten Basalzellen bestehen. i sind 2 interkalare Basalzellen mit einem seitlichen Sterigma. An den mit s bezeichneten Sterigmen hat die Conidienbildung durch eine leise, cylindrische Anschwellung am Ende begonnen. 910mal vergrößert.

Fig. 23. Ein größerer Conidienstand von Cladonia cariosa, bestehend aus 4 Basalzellen und 7 terminalen Sterigmen. s_1—s_3 sind drei aufeinanderfolgende Entwicklungsstadien der Conidienbildung. 1000mal vergrößert. Eine Kopie nach *Krabbe.*

Fig. 24. Ein großer Conidienstand von Cladonia turgida; bestehend aus 6 Basalzellen und mehreren, zum Teil sehr langen, cylindrischen Sterigmen, die vorwiegend terminale Stellung zeigen. 1000mal vergrößert. Eine Kopie nach *Krabbe.*

[1]) Es braucht wohl nicht besonders hervorgehoben zu werden, daß von den vielen gesellig beisammenstehenden Sterigmen in Wirklichkeit nur ein einziges

Die Sterigmen sind entweder cylindrisch und können dann bedeutende Länge erreichen (Fig. 23 und 24), oder sie sind flaschenförmig, so bei Placodium alphoplacum und circinatum (Fig. 21 und 22b, c). Letzteres gilt auch für eine beschränkte Zahl von Cladonien, worunter Cl. botrytes *Wlld.*, Cl. pyxidata *Fr.*, Cl. fimbriata *Fr.*, Cl. glauca *Flk.*, Cl. turgida *Hoff.*, Cl. uncialis *Web.* und Cl. squamosa *Hoff.* (nach *Wainio*).

Die Conidienbildung wird eingeleitet durch eine leise Anschwellung des Sterigmaendes (s in Fig. 21 und 22, s_1 in Fig. 23). Das angeschwollene Ende nimmt an Dicke zu, wobei es sich an der Basis mehr und mehr durch eine Einschnürung vom übrigen Sterigma abhebt, bis schließlich eine vorübergehende Querwand gebildet wird (Sterigma s_2 in Fig. 23), an welcher die Lostrennung des angeschwollenen Sterigmaendes, der neuen Conidie, erfolgt.

Die Conidien sind entweder cylindrisch, so bei den genannten Placodien und vielen Cladonien, oder schwach gekrümmt, so bei den meisten Cladonien (s_3 in Fig. 23).

Die Entwicklungsgeschichte der Spermogonien von Cladonia hat *Krabbe* studiert. Die ersten Anfänge der Conidienfruchtbildung scheinen von denjenigen anderer Flechten, die ich selbst untersuchte, nicht verschieden zu sein und aus einem homogenen Gewebe zu bestehen, dessen Elemente später eine radiäre Anordnung erkennen lassen. «Die ersten Entwicklungsstadien der Hymenien» — heißt es pag. 94 — «machen sich auf Längsschnitten durch Fruchtkörperanlagen gewöhnlich als kreisförmig umschriebene Gewebepartieen bemerkbar, in deren Mitte die einzelnen Sterigmen[1]) mit ihren Scheitelteilen zusammensaßen, wie die Radien in der Mitte eines Kreises. Während des Wachstums des ganzen Fruchtprimordiums erfährt auch dieser Sterigmen tragende Raum im Innern des Fruchtscheitels eine entsprechende Vergrößerung; die Sterigmen werden dadurch mit ihren Scheitelteilen mehr und mehr voneinander entfernt, und so entsteht ein deutlicher, innerer Hohlraum, in welchen die einzelnen Sterigmen hineinragen.»

Den Übergang zwischen Cladonien- und Placodien-Typus vermittelt Combea mollusca *(Ach.) Nyl.* Die Conidienstände sind denen von Placodium Lagascae (Fig. 27) sehr ähnlich, und die Conidien-

---

terminal ist, was jedoch nur mit Hilfe der Entwicklungsgeschichte ausfindig gemacht werden könnte.

[1]) Gemeint sind natürlich die Basalzellen.

bildung sowie die Sterigmen selbst stimmen mit denjenigen von Thalloëdema candidum (Fig. 28) überein. Die Spermatien dagegen besitzen ganz den Charakter wie bei Cladonia; sie sind mäßig lang und mehr oder weniger stark gekrümmt (Fig. 50 a).

4. Placodium-Typus.

Die Conidienstände des Placodien-Typus sind in ihrem Aufbau denen des Cladonia-Typus zwar ziemlich ähnlich. Das wichtigste Unterscheidungsmerkmal beider Typen jedoch liegt in der Beschaffenheit der Conidien, welche beim Placodium-Typus stets sehr dünn, sehr lang, häufig bogen-, krummstabartig oder sonst verschieden hin und her gekrümmt sind. Da allen anderen Typen derartige Conidien fehlen, so kann man den Placodien-Typus schon allemal an der charakteristischen Gestalt seiner Conidien leicht erkennen. Wichtige, von mir näher untersuchte Vertreter des Placodien-Typus bilden: Placodium saxicolum, Lagascae, lentigerum, gypsaceum; Thalloëdema candidum und coeruleo-nigricans; Pyrenula nitida und Lecanora subfusca var. allophana. Dagegen neigen Placodium chrysoleucum und Roccella tinctoria infolge ihrer eigenartigen Sterigmen schon zum Parmelia-Typus hin.

Die Conidienstände stimmen im wesentlichen mit denen des Cladonia-Typus überein. Entweder bilden sie eine einfache Axe von mehreren Basalzellen, die terminal und lateral die Sterigmen trägt; so z. B. bei Placodium Lagascae (Fig. 27 a) und Thalloëdema candidum (Fig. 28 b) oder — was viel häufiger ist — die Basalzellen konstituieren ein eigenes Verzweigungssystem, an dem die Sterigmen ebenfalls terminal und lateral sitzen (so in Fig. 25 a, b; Fig. 26 a, b und d; Fig. 27 b; Fig. 28 b; Fig. 29 a; Fig. 30 a).

Die Basalzellen sind zumeist cylindrisch und mehrmals länger als breit; doch kommen auch fast kubische vor. Die Größendimensionen sind bisweilen sehr schwankend (z. B. bei Thalloëdema candidum (Fig. 28 a und b). Eine leise Anschwellung zeigen häufig die Basalzellen von Pyrenula nitida (Fig. 25 a).

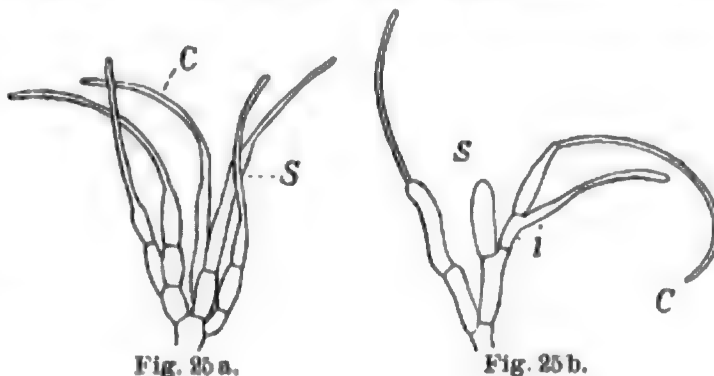


Fig. 25 a—c. Drei Conidienstände von Pyrenula nitida. In a und b stehen die Sterigmen vereinzelt, in

c sitzen vier einer gemeinschaftlichen Basalzelle an. Mit s sind in b und c Sterigmen bezeichnet, die ihre Conidien bereits abgeworfen haben. Allen übrigen Sterigmen sitzen Conidien in verschiedenen Entwicklungsstadien an. C in Fig. c ist die jüngste und C in Fig. b die älteste Conidie, die eben abfallen will. In b hat außerdem eine interkalare Basalzelle (= i) ein seitliches Sterigma mit einer Conidie erzeugt. 1130 mal vergrößert.

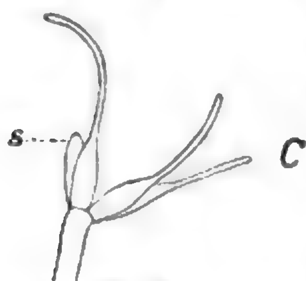


Fig. 25 c.

Fig. 26 a—d. Vier Conidienstände von Placodium gypsaceum. In Fig. b, c und d sitzen den Sterigmen zum Teil Conidien in verschiedenen Entwicklungsstadien an; in Fig. a ist die Conidienbildung an den Sterigmen noch nicht eingetreten. Mit s in b und d sind Sterigmen bezeichnet, die von einer seitlichen Ausstülpung



Fig. 26 a.

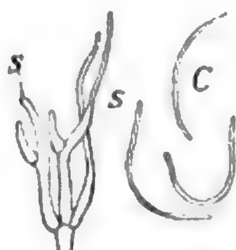


Fig. 26 b.



Fig. 26 c.

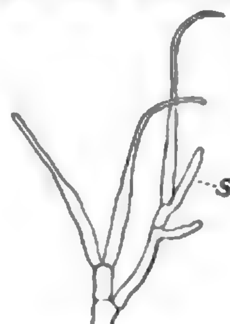
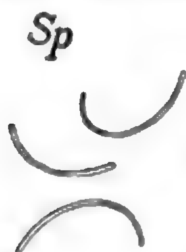


Fig. 26 d.

interkalar stehender Basalzellen gebildet werden. Außerdem in Fig. b rechts bei C drei reife Conidien. Alles 910 mal vergrößert.

Fig. 27 a—c. Drei Conidienstände von Placodium Lagascae. Fast alle



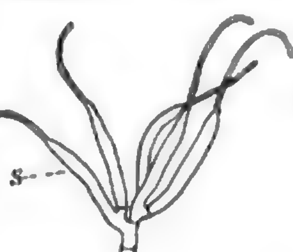


Fig. 27 a.

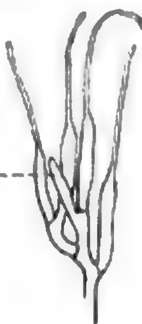


Fig. 27 b.

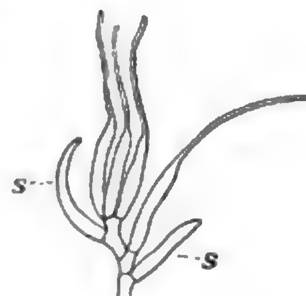


Fig. 27 c.

Sterigmen tragen Conidien in verschiedenen Entwicklungsstadien; außerdem sind in b und c mit s zwei Sterigmen bezeichnet, welche aus seitlichen Ausstülpungen von Basalzellen bestehen. Alles 910-mal vergrößert.

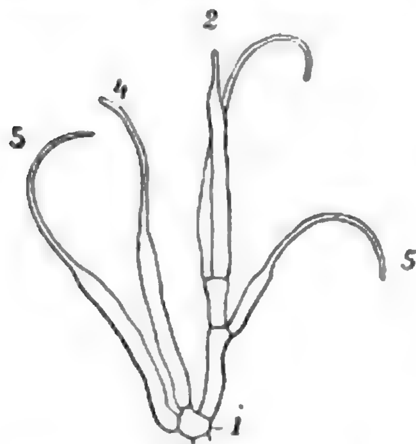


Fig. 28 a.

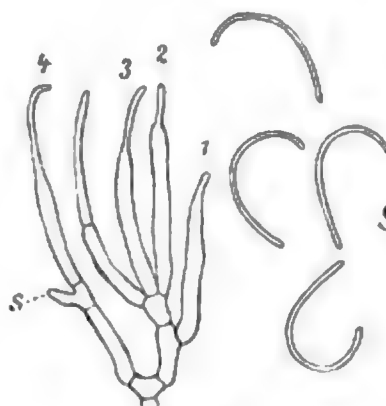


Fig. 28 b.

Fig. 28 a und b. Zwei Conidienstände von Thalloëdema candidum. An den Sterigmen ist die Conidienbildung in verschiedenen Entwicklungsstadien zu sehen, deren Aufeinanderfolge

mit 1—5 bezeichnet ist. s in b ist ein durch seitliche Ausstülpung einer Basalzelle entstandenes Sterigma. Sp in b sind vier reife Spermatien. Fig. a und b sind 1200 mal vergrößert.

Fig. 29a und b. Conidienstände von Thalloëdema coeruleo-nigricans. Mit s_1 und s_2 sind in Fig. a zwei aufeinanderfolgende Entwicklungsstadien von Sterigmen mit normaler Conidienbildung bezeichnet. Die Ziffern 1—4 bezeichnen Sterigmen in aufeinanderfolgenden Entwicklungsstadien der Conidienbildung, und zwar lassen diese Sterigmen erkennen, wie zwei Conidien nacheinander erzeugt werden. Die zuerst gebildete Conidie ist mit Sp und die darauffolgende mit Sp_2 bezeichnet. Das * in Fig. a und b deutet die Ansatzstelle der schon abgefallenen Conidie (Sp) am Sterigma an. s in b sind zwei durch seitliche Aussackung von Basalzellen entstandene Sterigmen. C sind zwei reife Conidien. Alles 1200 mal vergrößert.

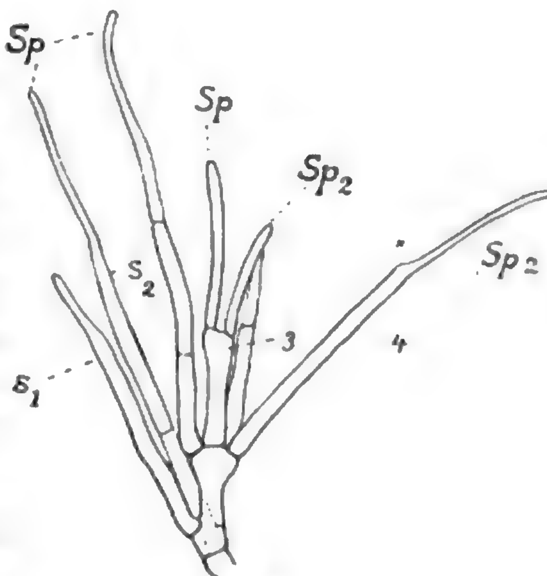


Fig. 29 a.

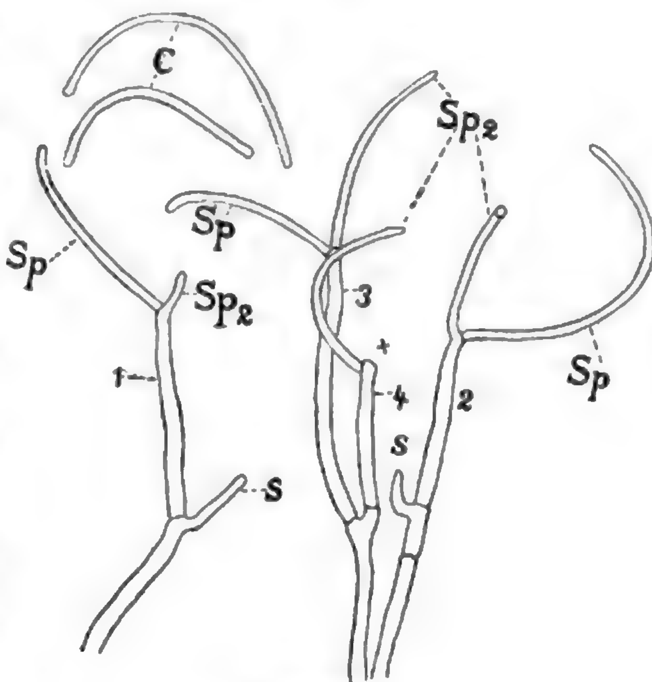


Fig. 29 b.

Die Sterigmen können an den Astenden des Conidienstandes (Fig. 25a, Conidie 4 in Fig. 28b, Conidie 3 in Fig. 30a) oder an interkalaren Basalzellen (Conidie 5 in Fig. 28a) isoliert stehen. Zwei bis mehrere Sterigmen finden sich gewöhnlich nur an terminalen Basalzellen vor (in Fig. 25c, 26c, 27a und c, 28b der mittlere Ast etc.). Ausnahmsweise trägt eine interkalare Basalzelle auch zwei Sterigmen (i in Fig. 28a). Die Sterigmen sind meist cylindrisch, seltener zugespitzt und werden 3—14 mal so lang als breit. Kurze, oft zugespitzte Sterigmen kommen bei Pyrenula nitida, Lecanora subfusca var. allophana und nicht selten auch bei Placodium chrysoleucum vor (St in Fig. 31d und e). Lange cylindrische Sterigmen besitzen z. B. Placodium Lagascae (Fig. 27), Thalloëdema candidum (Fig. 28) und coeruleo-nigricans (Fig. 29). Neben den eben geschilderten gewöhn-

lichen Sterigmen des Placodien-Typus, die stets aus einer Zelle für sich bestehen, treten jedoch vereinzelt auch solche auf, die von je einer seitlichen Ausstülpung einer Basalzelle gebildet werden. Solche Sterigmen haben dann mehr oder weniger bajonettförmiges Aussehen. So hier und da bei Pyrenula nitida (i in Fig. 25b), Placodium gypsaceum (s in Fig. 26b), Pl. Lagascae (s in Fig. 27b und c), Thalloëdema candidum (s in Fig. 28b) und Th. coeruleo-nigricans (s in Fig. 29b). Dagegen treten die Bajonett-Sterigmen ebenso häufig wie die gewöhnlichen des Placodien-Typus auf bei Roccella tinctoria (s in Fig. 30a und b) und Placodium chrysoleucum (s in Fig. 31c, d und e). Beide letztgenannten Flechten stehen genau auf der Grenze zwischen Placodium- und Parmelia-Typus, für welchen das Bajonett-Sterigma das wichtigste Erkennungsmerkmal liefert.

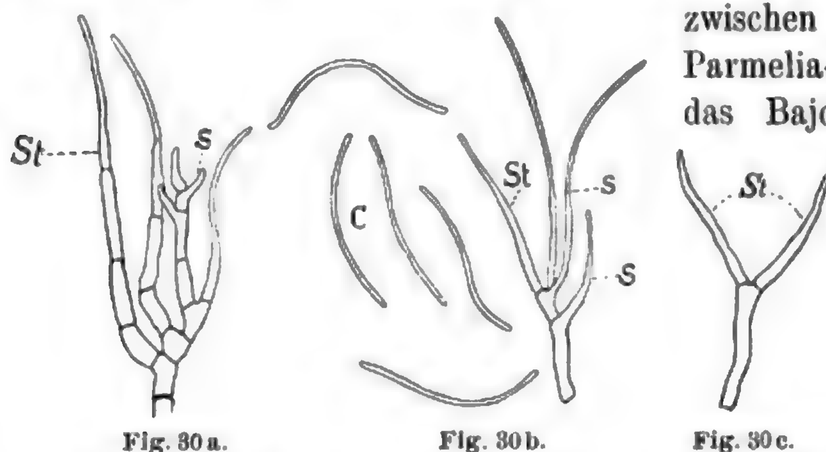


Fig. 30a. Fig. 30b. Fig. 30c.

Fig. 30a—c. Conidienstände von Roccella tinctoria. St sind gewöhnliche Sterigmen, wie sie dem Placodien-Typus eigen sind. s sind Bajonett-Sterigmen, denen in Fig. b Conidien in verschiedenen Entwicklungsstadien anhaften. C sind fünf reife Conidien. Alles 1200 mal vergrößert.

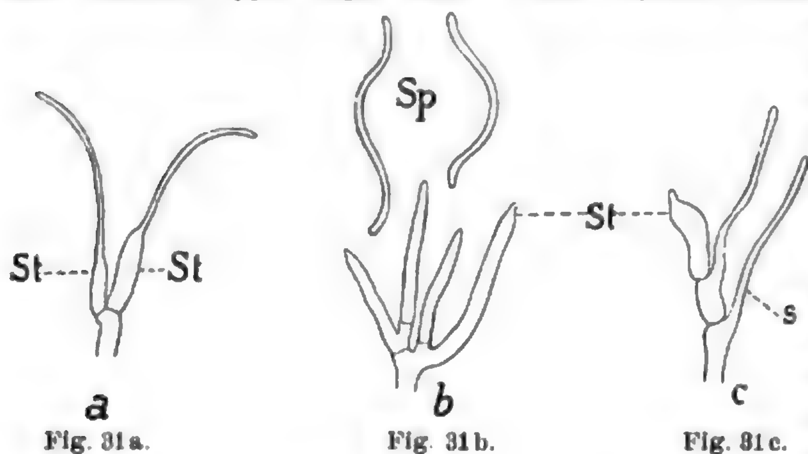


Fig. 31a. Fig. 31b. Fig. 31c.

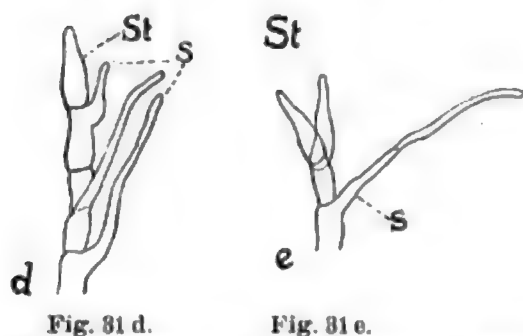


Fig. 31d. Fig. 31e.

Fig. 31a—e. Verschiedene Conidienstände von Placodium chrysoleucum. St sind gewöhnliche Sterigmen, wie sie dem Placodien-Typus eigen sind, und mit s sind bajonettförmige Sterigmen bezeichnet, die alle, bis auf das zweitoberste in Fig. d, halbreife Conidien tragen. Alles 1200 mal vergrößert.

Die Conidienbildung wird eingeleitet durch eine kleine, papillenförmige Aussackung an dem Sterigmaende, die sich bisweilen sehr deutlich von dem übrigen Sterigma

abheben kann (Sterigma 1 in Fig. 28b und St in Fig. 31b und c). Diese Aussackung wächst allmählich zu einem langen, schlauchartigen Gebilde heran (Fig. 28a und b), das an seiner Basis schließlich durch eine Querwand abgegliedert wird und die Conidie bildet. Eine besondere Eigentümlichkeit hinsichtlich der Conidienentwicklung zeigt Thalloëdema coeruleonigricans. Jedes Sterigma bildet hier zunächst eine Conidie (s_1 und s_2 in Fig. 29a) in der eben geschilderten Weise. Unterhalb dieser ersten, die noch längere Zeit dem Sterigma anhaftet, entsteht sodann durch seitliche Aussackung des letzteren eine zweite (Sp_2 in Fig. 29b links) Conidie. Dadurch wird die zuerst gebildete Conidie (Sp) nach und nach zur Seite geschoben, bis die zweite Conidie (Sp_2) die Lage der ersten angenommen hat. Diese nachträgliche Verschiebung ist an Sterigma 2 (in Fig. 29b) bereits weiter vorgeschritten als am Sterigma 1; Sp_2 hat schon die Richtung des Sterigmas 2 angenommen, während Sp so zur Seite geschoben wurde, daß es fast senkrecht zum Sterigma steht. Sp_2 wird sodann durch eine Querwand an der Basis vom Sterigma abgetrennt (Sterigma 3 in 29b). Die erste Conidie dagegen wird abgeworfen und hinterläßt am Sterigma eine deutliche Ansatzstelle (mit einem * bezeichnet am Sterigma 4 in Fig. 29b). Der Abfall der Conidie Sp kann mitunter auch frühzeitiger eintreten, noch bevor Sp_2 sich vom Sterigma durch eine Querwand abgetrennt hat; so am Sterigma 4 in Fig. 29a.

Die Conidien sind, wie schon oben zur Genüge hervorgehoben, für den Placodien-Typus von ganz besonderer Bedeutung. Sie sind stets sehr lang, dünn und meist mehr oder weniger stark bogenartig gekrümmt (C. in Fig. 25b, 26b, 27a, 29 und 30b), seltener sind sie aus- und eingebogen, wie solche auch bei Roccella tinctoria (in 30b) und Placodium chrysoleucum (in Fig. 31b) mitunter vorkommen.

Die Entwicklungsgeschichte der Spermogonien des Placodien-Typus ist, soviel ich zwei verschiedenen Jugendstadien von Thalloëdema candidum und coeruleo-nigricans entnehmen konnte, im wesentlichen nicht abweichend von derjenigen des Cladonia-Typus. Bei letztgenannter Flechte bestand die erste Anlage aus einem eiförmigen kompakten Gewebekörper polygonaler Zellen, der innerhalb der Algenregion lag. Durch besondere Wachstumsverhältnisse nehmen nun — abgesehen von einem kleinen centralen Teil — die Elemente des Primordiums eine radiäre Anordnung, und die einzelnen Zellen, welche die Radien zusammensetzen, sind 2—3 mal so lang als breit und rechteckig, während die centrale Region der Anlage aus polygo-

nalen Zellen besteht. Das eben geschilderte Entwicklungsstadium fand ich bei Thalloëdema candidum. Es ist ohne weiteres klar, daß die gestreckten, radiär stehenden Elemente die jugendlichen Conidienstände repräsentieren, welche durch tangentiales und radiales Wachstum auseinanderweichen, um schließlich die so gebildete Höhlung zu umgeben und in letztere hinein die Spermatien zu erzeugen. Auch die fertigen Zustände beider Thalloëdemen lassen im Längsschnitt noch deutlich eine radiäre Anordnung der Conidienstände erkennen (Tab. II, Fig. 14).

Anhang zum Placodien-Typus.

Da jedenfalls alle Flechten mit Spermatien, wie ich sie oben für den Placodien-Typus charakterisiert habe, diesem Typus angehören, auch hinsichtlich ihrer Conidienstände, so möchte ich auf das, weiter unten bei der Spermatienform, Gesagte verweisen. Hier seien nur diejenigen Flechten noch mit Namen aufgeführt, deren Conidienstände bereits in der Litteratur abgebildet sind, wenn auch zum größten Teil recht mangelhaft, und die zweifellos dem Placodien-Typus angehören; es sind dies:

Roccella fuciformis *Ach.*[1])
» Montagnei *Ach.*[1])
» intricata *Mont.*[1])
» mollusca *Ach.*[1])
Dufourea madreporiformis *Ach.*[1])
Pilophoron cereolus *Nyl.*[2])
Parmeliopsis ambigua *Nyl.*[2])
Placodium gelidum *Kbr.*[1]) u. [2])
» crassum *Th. Fr.*[2])
Lecanora subfusca *Ach.*[2]) u. [3])
» glaucoma *Ach.*[2])
» polytropa *Th. Fr.*[1])
» sophodes *Ach.*[1])
Buellia parasema *Fr.*[1])
Lecidea synothea *Ach.*[1])
» (= Biatora) quernea *Ach.*[1])
Sphinctrina turbinata *Fr.*[3])
Verrucaria muralis *Ach.*[4])

Die genannten Lecanora-, Lecidea- und Verrucaria-Arten dürften hinsichtlich ihrer Conidienstände mit denen von Pyrenula nitida übereinstimmen.

Den Übergang zum Parmelia-Typus vermitteln Roccella tinctoria und Placodium chrysoleucum, die ich bereits oben näher beschrieben habe.

---

[1]) Bildet *Lindsay* ab.
[2]) Bildet *Crombie* ab.
[3]) *Tulasne*, Tab. XIII, Fig. 20.
[4]) *Tulasne*, Tab. XIII, Fig. 8.

5. Parmelia-Typus.

Das Sterigma bestand bei den vier erstgenannten Typen aus einer Zelle für sich. Bei den vier folgenden Typen dagegen, bei dem Parmelia-, Sticta-, Physcia- und Endocarpon-Typus, bildet das Sterigma stets nur einen Teil einer Basalzelle, die hier zweckmäßiger «Basidie» genannt wird, in Übereinstimmung mit der Sterigmen tragenden Zelle (= Basidie) der Basidiomyceten.

Das wichtigste Erkennungsmerkmal für den Parmelia-Typus liefern die «Bajonett-Sterigmen», seitliche, meist bajonettförmige Ausstülpungen von Basalzellen, wie uns solche ausnahmsweise beim Placodien- und Psora-Typus schon begegnet sind. Die Conidienstände sind denen der drei vorhergegangenen Typen zum Teil noch sehr ähnlich, zum Teil aber auch von ihnen verschieden. Doch geben weder sie noch die Conidien ein so untrügliches Merkmal für die Erkennung des Typus als die Sterigmen. Der Parmelia-Typus wurde von mir für folgende Flechten aufgefunden:

Alectoria tristis *Fr.*
Stereocaulon incrustatum *Flk.*
Evernia Trulla *(Ach.) Nyl.*
Parmelia Acetabulum *Duby.*
» tiliacea *(Hoff.) Fr.*
» caperata *Ach.*
» hottentotta *Ach.*
» physodes *Ach.*
» eucausta *(Smft.) Nyl.*
» conspersa *Ach.*
» stygia *Ach.*
» lanata *Th. Fr.*
Platysma Fahlunense *Nyl.*

Die Conidienstände und ihre Entwicklungsgeschichte. Bevor ich auf die Anatomie der fertigen Spermogonien näher eingehe, muß ich zuvor ihre Entwicklungsgeschichte darlegen, da sie zum Verständnis jener durchaus nötig ist.

Die Entwicklungsgeschichte der Spermogonien konnte ich an Parmelia physodes und P. Acetabulum studieren, die beide nicht selten mit Conidienfrüchten angetroffen werden.

In der frühesten Jugend stellt das Spermogon der beiden Parmelien scheinbar einen Knäuel miteinander verflochtener Hyphen vor (Tab. II, Fig. 20), der im Längsschnitt quer und schräg durchschnittene Hyphen zeigt. Dieses Primordium hat innerhalb der Algen-

region und direkt unter der Thallusrinde seine Lage. In diesem Hyphenknäuel nehmen durch besondere Wachstumsvorgänge, die hauptsächlich in radialer Dehnung an der ganzen Peripherie bestehen, die Elemente eine radiäre Anordnung. Die ursprünglich regellos gelagerten Zellen kommen in Reihen hintereinander zu liegen, welche ungefähr im Centrum des Primordiums konvergieren (Stadium II auf Tab. II, Fig. 21). In dem weiteren Verlauf der Entwicklung nehmen die Zellen der Radien, insbesondere die peripher gelagerten, noch radiale und tangentiale Teilungslinien auf (Stadium III auf Tab. II, Fig. 22). Kurz vor[1]) oder kurz nach diesen peripheren Teilungsvorgängen beginnen die Zellen im centralen Teil der Anlage sich zu lockern, und es entstehen kleine Intercellularen zwischen ihnen. Dadurch verwischt sich die radiäre Struktur der centralen Zellpartie (Stadium III auf Tab. II, Fig. 22) mehr oder weniger. Die Intercellularen gewinnen allmälig an Umfang, und ihre Bildung setzt sich auch auf den peripheren Teil des Primordiums hin fort (Stadium IV auf Tab. II, Fig. 23). Die nach der Peripherie zu verlaufenden Radien, wie sie in den zwei letztgenannten Stadien zu sehen sind, nehmen später nur noch einige radiale Teilungswände auf, bis schließlich die Basalzellen oder Basidien zu stande kommen, die je nachdem verschiedenartige Conidienstände aufbauen.

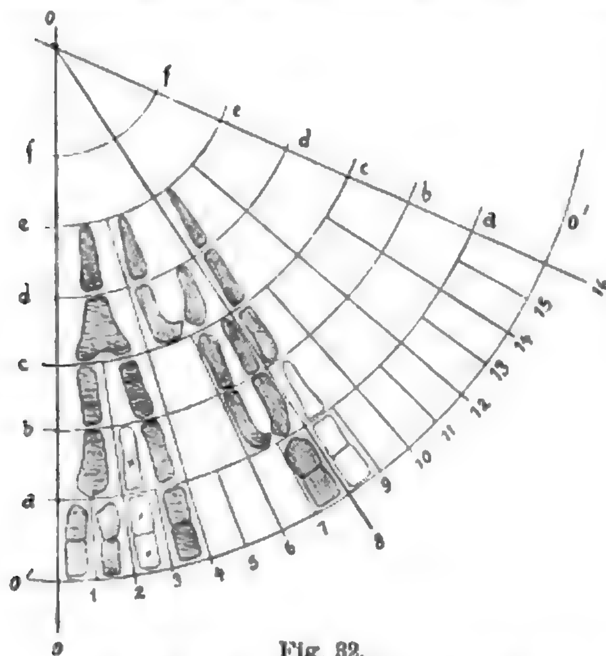


Fig. 32.

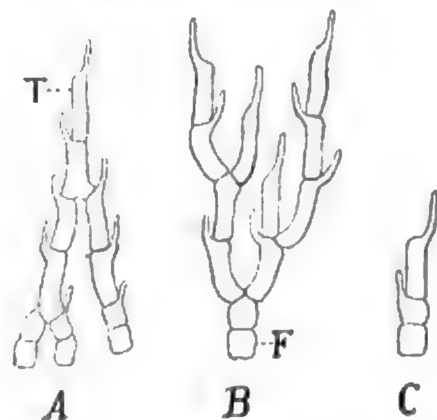


Fig. 33.

Fig. 32 und 33. Schemata für die Entwicklung der Conidienstände von Parmelia. Das segmentartige Stück in Fig. 32 stellt den Teil eines Längsschnittes durch ein jugendliches Spermogon vor; mit O' O' bis ff sind concentrisch ver-

[1]) In Stadium IV sind die peripheren Zellteilungen des Primordiums noch nicht soweit gediehen als wie in Stadium III. Es ist somit hinsichtlich der peripheren Teilungsvorgänge Stadium IV jünger als Stadium III. Nur hinsichtlich der Intercellularenbildung im centralen Teil ist IV älter als III.

laufende, tangentiale Teilungslinien («Tangentialen») bezeichnet, und mit 0 bis 16 sind die radial verlaufenden Teilungslinien («Radialen») bezeichnet. Alle tangential schraffierten Zellen konstituieren den nach unten zu sich verzweigenden Conidienstand, A in Fig. 33. Alle radial schraffierten Zellen konstituieren den nach oben zu sich verzweigenden Conidienstand B in Fig. 33, die zwei Zellreihen, aus drei Zellen bestehend, welche nicht schraffiert sind und bez. zwischen den Radialen 2 und 3, 8 und 9 liegen, konstituieren je einen wenigzelligen Conidienstand C in Fig. 33.

Wie sich nun aus den letztgenannten Stadien die Conidienstände herausentwickeln, läßt sich mit Hilfe von schematischen Figuren am besten klar machen. Die Fig. 32 möge ein Stück einer Spergoniumanlage vorstellen, die etwas älter ist als die beiden letztgenannten Stadien und unter Zugrundelegung der entsprechenden Schnitte konstruiert wurde. Mit O′ O′ bis f f sind die concentrisch verlaufenden Tangentialen bezeichnet, und mit 0 bis 16 sind die radialen Teilungslinien, die Radialen, bezeichnet. Diese besitzen verschiedene Längen, um anzudeuten, daß das Wachstum des Primordiums im peripheren Teil am lebhaftesten ist und nach dem Centrum zu abnimmt. Durch die Teilungslinien werden ungefähr rechteckige Felderchen umschrieben, welche den Zellen des Primordiums vor der Intercellularenbildung entsprechen. Je nachdem die Zellen der Anlage sich weiter teilen, gegenseitig abrunden und auseinanderweichen, resultieren verschiedenartige Conidienstände, deren Basidien schematisch in die Felderchen eingetragen sind. Die tangential schraffierten Basidien bleiben so miteinander in Verbindung, daß sie einen nach der Peripherie zu sich verzweigenden Conidienstand repräsentieren, wie er in Fig. 33 A gezeichnet ist. Nach oben zu endigt dieser Conidienstand mit einer einzigen Terminalzelle (= T). Nach unten zu schließt dieser Conidienstand noch drei mit einem * versehene Zellen ein, die zur Bildung eines sehr einfachen Conidienstandes (Fig. 33 C) noch ausreichen. Die radial schraffierten Zellchen (Basidien) in Fig. 32 dagegen setzen einen größeren, nach dem Centrum zu sich verzweigenden Conidienstand zusammen, der vier Endäste trägt und mit einer Fußzelle (= F in Fig. 33 B) der inneren Wandung ansitzt. Die drei nicht näher bezeichneten Basidien zwischen der achten und neunten Radiale entsprechen wiederum der Fig. 33 C. Aus den vier freigelassenen Felderchen, die zwischen der vierten und sechsten Radiale liegen, würde sich selbstverständlich ebenfalls ein Conidienstand entwickeln, wie er etwa dem oberen Teil von Fig. 33 A entspricht, der (in Fig. 32) zwischen den Tangentialen b und e liegt. Die Basidien können natürlich auch noch andere Conidienstände zu-

sammensetzen als die eben geschilderten, ohne von dem Aufbau dieser wesentlich abzuweichen. Die Sterigmen, die in Fig. 33 bereits mit dargestellt sind, nehmen durch seitliche Aussackung der Basidien erst nachträglich ihre Entstehung.

Fig. 34a—d. Vier Conidienstände von Parmelia Acetabulum.

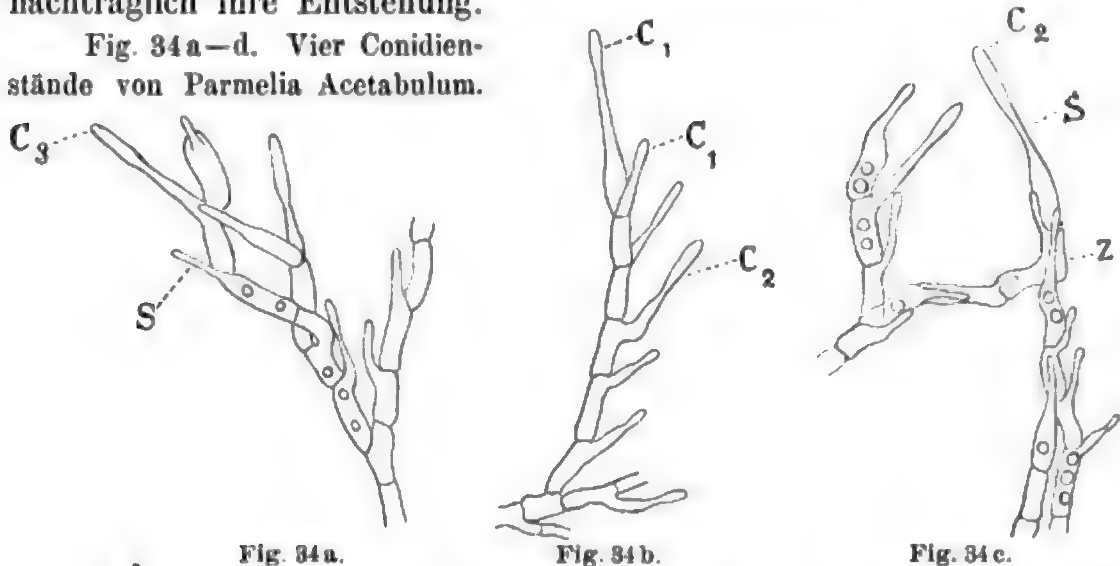


Fig. 34a. Fig. 34b. Fig. 34c.

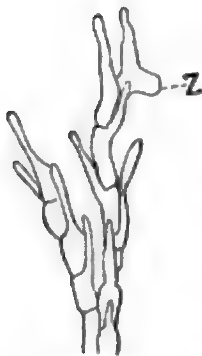


Fig. 34d.

a und b sind zwei nach oben zu sich verzweigende Conidienstände. c und d verzweigen sich auch nach unten zu. In d ist bei Zelle Z der nach unten zu laufende Hyphenast abgerissen. S = Sterigmen; C_1—C_3 sind aufeinanderfolgende Stadien der Conidienbildung. In a und c führen mehrere Basidien Öltröpfchen. Alles ist 1140 mal vergrößert.

Fig. 35a—e. Conidienstände von Alectoria tristis *Fr.* b ist nach oben zu in zwei Äste geteilt; a, c und d sind einfache, unverzweigte Conidienstände. S = Sterigmen, die hier sehr lang sind. C_1—C_3 sind aufeinanderfolgende Stadien der Conidienbildung. An dem Sterigma S in Fig. a werden zwei Conidien nacheinander gebildet. Bei e sind

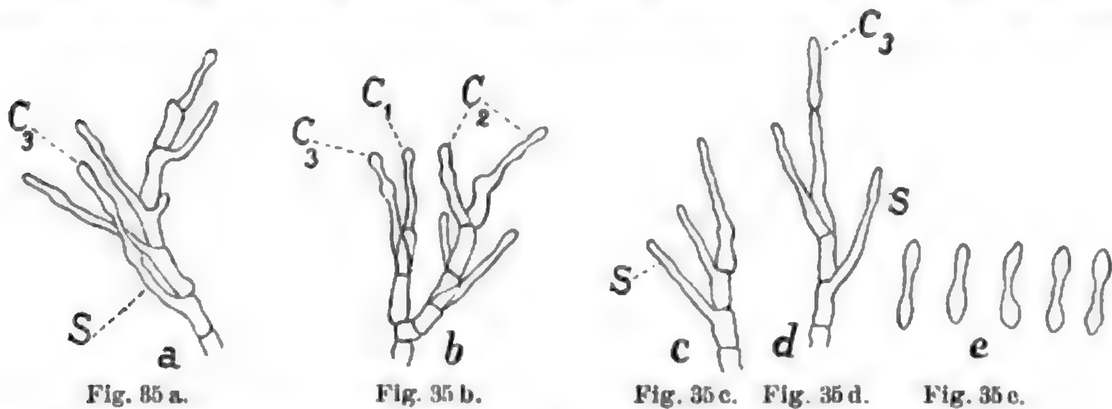


Fig. 35a. Fig. 35b. Fig. 35c. Fig. 35d. Fig. 35e.

fünf Conidien gezeichnet, von denen vier hantelförmig und das zweite von links her keulenförmig gestaltet ist. Alles ist 700 mal vergrößert.

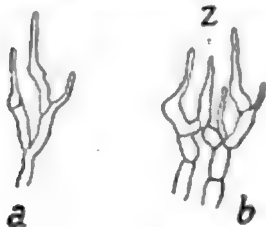


Fig. 36.

Fig. 36. Parmelia stygia *Ach.* a und b sind zwei Conidienstände; a ist nach oben zu verzweigt und b auch nach unten zu. c sind bisquitförmig eingeschnürte Spermatien. An den

nicht näher bezeichneten Sterigmen ist von Conidienbildung noch nichts zu beobachten. Alles 910mal vergrößert.

Die eben geschilderten Conidienstände treten gleichzeitig bei allen von mir untersuchten Flechten (pag. 59) in ein und demselben Spermogonium auf. Dem Schema in Fig. 33C entsprechen z. B. die Conidienstände von Alectoria tristis in Fig. 35a, c und d, die sehr einfach sind und aus drei bis mehreren hintereinanderliegenden Basidien bestehen. Dem Schema in Fig. 33B entsprechende Conidienstände, die sich nach oben zu verzweigen, sind Fig. 34a von Parmelia Acetabulum und Fig. 35b von Alectoria tristis. Conidienstände, die nach oben und unten zu gleichzeitig verzweigt sind und einer Kombination von Fig. 85A mit B entsprechen, sind die Fig. 36b von Parmelia stygia und die Fig. 34c und d von P. Acetabulum.

Die Bildung der obenerwähnten Intercellularen im centralen Teil des Primordiums leitet in der Regel gleichzeitig die Entstehung eines großen, centralen Hohlraumes ein, während das Hymenium einen gleichmäßigen Belag der inneren Wandung bildet, so z. B. bei den meisten Parmelien (Tab. II, Fig. 24), bei Alectoria tristis (Tab. II, Fig. 3) und Stereocaulon incrustatum (Tab. II, Fig. 18). Bei manchen Arten dagegen besitzt das Hymenium ein sehr ungleichmäßiges Aussehen. Größere Conidienstände von verschiedener Anzahl ragen dann weit in die Spermogonienhöhlung hinein, so mitunter bei Parmelia caperata und P. tiliacea.

Etwas ganz ähnliches beobachtet man auch häufig an den reifen Spermogonien von Parmelia physodes (Tab. II, Fig. 25). Nur tragen die großen in das Innere der Höhlung hineinragenden Conidienstände selten und wenig Conidien. Ihre Entwicklung ist frühzeitig hinter derjenigen der peripheren Hymenialregion zurückgeblieben. Solches geht leicht aus Vergleich von Fig. 22, 23 und 25 hervor, in denen die aufeinanderfolgende Entwicklung der großen Conidienstände zu sehen ist. Diese eigenartigen Conidienstände, die schon sehr frühzeitig ihre Funktion der Spermatienerzeugung einstellen, hat bereits *Tulasne* beobachtet und abgebildet (Tab. II, Fig. 19). Von Systematikern werden sie als «sterile Hyphen oder Fäden» bezeichnet. Ihrer Entstehung nach sind es also primäre Bildungen, hervorgegangen aus Zellen der Spermogoniumanlage. Bei Parmelia physodes pflegen die sterilen Hyphen dickwandiger und zwei- bis dreimal so breit zu sein als die Basidien der peripheren Conidienstände, welche als ein gleichmäßiges Hymenium die Wandung austapezieren, vom Typus nicht abweichen und in Menge Spermatien erzeugen (*Tulasne*, Tab. II, Fig. 20 und 21).

Abgesehen von Parmelia physodes werden von *Lindsay* noch für eine Reihe anderer Flechten, die ebenfalls dem Parmelia-Typus angehören, «sterile Fäden» zwischen den Conidienständen abgebildet; so bei:

Usnea barbata (Tab. IV, Fig. 7 und 8).
Parmelia perforata (Tab. XI, Fig. 5).
» tiliacea (Tab. XI, Fig. 3).
» perlata var. ciliata *D. C.* (Tab. XI, Fig. 10).
» Kamtschadalis *Ach.* (Tab. XII, Fig. 11).
» encausta (Tab. XII, Fig. 16).
» saxatilis (Tab. XII, Fig. 19).
» mutabilis *Tayl.* (Tab. XII, Fig. 42).
» Acetabulum (Tab. XI, Fig. 18).

Ob jedoch die von *Lindsay* bei besagten Flechten beschriebenen sterilen Fäden ohne Ausnahme identisch sind mit denen von Parmelia physodes, bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten. Ganz unmöglich wäre es nicht, daß bei der einen oder anderen Flechte diese Bildungen sekundärer Natur sind, entstanden durch nachträgliche Einwucherung von Pilzhyphen in die Spermogonienhöhlung[1]).

Die Basidien sind in der Regel cylindrisch und mehrmals länger als breit; doch herrscht bei manchen Arten die quadratische Form vor (Parmelia encausta, conspersa). Diejenigen Basidien, welche die Verbindung für zwei nach unten zu abgehende Äste bilden, sind bald cylindrisch (z in Fig. 36b), bald polygonal mit abgerundeten Ecken (z in Fig. 34d), bald knieförmig (z in Fig. 34c). In den Basidien von Parmelia Acetabulum finden sich nicht selten 1—3 stark lichtbrechende Öltröpfchen vor (Fig. 34a und c), was ich bei den übrigen Vertretern des Typus nie beobachtete.

Die Sterigmen pflegen seitliche pfriemen- oder bajonettförmige Ausstülpungen der Basidien zu bilden. Nur an terminal stehenden Basidien kann das Sterigma in die direkte Fortsetzung der letzteren zu liegen kommen. Niemals aber ist die Basidie von dem Sterigma durch eine Querwand abgetrennt. Das Sterigma sitzt der zugehörigen Basidie zumeist stumpfwinkelig an. Ausnahmsweise kann es auch parallel oder senkrecht zur jeweiligen Basidie gerichtet sein. Letzteres wird besonders bei Parmelia encausta häufig angetroffen. Das Sterigma wird zumeist $^1/_3$—1mal so lang als die zugehörige Basidie,

[1]) Solches beobachtete ich z. B. gelegentlich in noch Conidien erzeugenden Spermogonien von Candelaria concolor.

nur bei Alectoria tristis (Fig. 35a, c und d) und Parmelia encausta kann das Sterigma die dreifache Länge der Basidie erreichen.

Die Conidien sind am häufigsten cylindrisch und werden dann etwa 10—15mal so lang als breit; erreichen aber niemals die Länge derjenigen des Placodien-Typus. Nächst den geraden, cylindrischen Spermatien sind die eingeschnürten am verbreitetsten. Je nach dem Grad der Einschnürung kann man bisquitförmige (Parmelia stygia, Fig. 36c, Platysma Fahlunense, Fig. 50c) und hantelförmige unterscheiden (Alectoria tristis, Fig. 35e, Parmelia conspersa[1]), P. hottentotta, Fig. 50d); diese Spermatienform ist für den Parmelia-Typus ziemlich charakteristisch und wird bei einem der anderen Typen nur selten und ausnahmsweise anzutreffen sein. Andere Spermatienformen sind weniger häufig; spindelförmige finden sich z. B. bei Parmelia tiliacea und mitunter bei P. conspersa[1]); keulenförmige bei P. conspersa und Alectoria tristis (Fig. 35e).

Anhang zum Parmelia-Typus. Von folgenden Flechten finde ich in der Litteratur noch Conidienstände abgebildet, die sicherlich dem Parmelia-Typus zuzurechnen sind:

Neuropogon melaxanthus *Ach.* (*Linds.*, Tab. IV, Fig. 11).
Alectoria Taylori *Hoock.* (l. c., Tab. IV, Fig. 16).
» jubata *Ach.* (*Nyl.*, Syn., Tab. VIII, Fig. 18c).
» ochroleuca *Nyl.* (l. c., Tab. VIII, Fig. 21c).
Chlorea vulpina *Nyl.* (*Linds.* I, Tab. IV, Fig. 25 u. 26).
» Poeppigii *Nyl.* (*Nyl.*, Syn., Tab. VIII, Fig. 14b).
» Soleirolii *Nyl.* (l. c., Tab. VIII, Fig. 15).
Evernia furfuracea (*Linds.* I, Tab. V, Fig. 3 u. 4).
Cetraria islandica (*Nyl.*, Syn., Tab. VIII, Fig. 32).
Platysma glaucum *Nyl.* (l. c., Tab. VIII, Fig. 35).
» juniperinum *Nyl.* (l. c., Tab. VIII, Fig. 34 und Tab. IX, Fig. 52).
» nivale *Nyl.* (*Linds.*, Tab. IX, Fig. 45).
» ciliare *Ach.* (l. c., Tab. X, Fig. 3).
Parmelia lataeformis *Fée* (l. c., Tab. XI, Fig. 12).
» sinuosa *Smft.* var. hypothrix (l. c., Tab. XII, Fig. 41).
» » var. caracensis *Tayl.* (l. c., Tab. XII, Fig. 30).

---

[1]) Die flächenständigen Spermogonien von Parmelia conspersa (confer. pag. 19) enthalten keulen-, spindel- und hantelförmige Spermatien gleichzeitig, die isidienständigen (l. c.) aber nur keulen- und spindelförmige. Außerdem aber sind die Unterschiede beider Spermogonien sehr gering. Die Basidien der flächenständigen sind im Durchschnitt kürzer als die der isidienständigen. Die flächenständigen Spermogonien sind 71,5—92 μ lang und 61—97 μ breit. Die isidienständigen sind 81,6—189 μ lang und 76,5—158 μ breit.

Parmelia Tasmanica *Tayl.* (l. c., Tab. XII, Fig. 40).
» colpodes *Ach.* (l. c., Tab. XII, Fig. 41).
» laevigata *Ach.* var. revoluta *Flk.* (*Linds.* I, New Zealand, Tab. 61, Fig. 7a).

Vermittelnde Bindeglieder zwischen dem Parmelia- und Sticta-Typus.

An solchen fehlt es auch hier nicht; zu ihnen gehört Physcia aquila *Ach.* Der Längsschnitt eines Spermogoniums erinnert zunächst an Parmelia physodes und Verwandte. Im peripheren Teil der Spermogonien findet man kleine wenigzellige Conidienstände vor, die denen von Parmelia Acetabulum gleichen (Fig. 37). Größere Conidienstände dagegen fehlen und an ihre Stelle ist ein sehr lockeres, große Maschen einschließendes Netzwerk getreten, dessen anastomosierende Hyphen fast ganz aus Basidien bestehen (Fig. 38a—c). Die Sterigmen stellen ebenfalls seitliche, bajonettartige Ausstülpungen der Basidien vor, die, abgesehen von ihrer oft sehr verschiedenartigen Richtung (Fig. 38a und b), mit denen von Parmelia identisch sind.



Fig. 37a.



Fig. 37b.

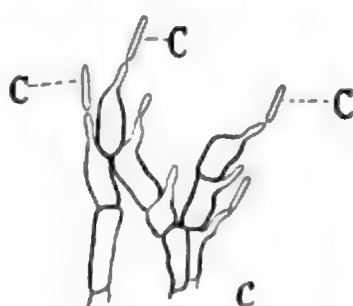


Fig. 37c.

Fig. 37a—c kleine Conidienstände aus dem peripheren Teil des Spermogoniums von Physcia aquila. Die drei Conidienstände sind ganz vom Charakter der Parmelia acetabulum. C sind fast reife Conidien. 1200mal vergrößert.

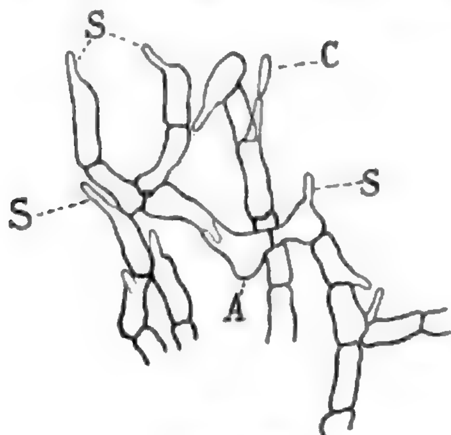


Fig. 38a.

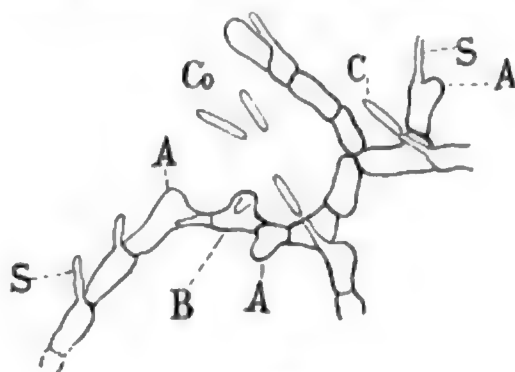


Fig. 38b.

Fig. 38a—c. Drei Fragmente aus dem centralen netzartigen Basidienapparat von Physcia aquila. Die mit A bezeichneten Basidien zeigen bruchsackartige Ausstülpungen, welche Ansatzstellen einer bei der Präparation abgetrennten

Hyphe vorstellen. Die mit B bezeichnete Basidie in Fig. b trägt zufällig zwei Sterigmen. S = Sterigmen. C sind fast reife Conidien, die dem Sterigma noch anhaften und Co in b sind zwei reife, isolierte Conidien. 1200 mal vergrößert.

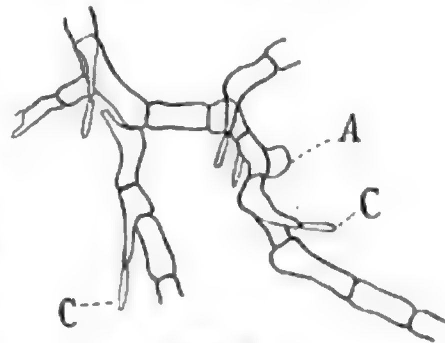
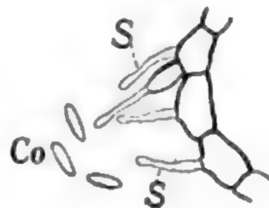


Fig. 38 c.

Etwas näher dem Sticta-Typus steht Physcia endococcina. Die kleinen parmeliaartigen Conidienstände, wie sie bei voriger Art noch häufig im peripheren Teil des Spermogoniums anzutreffen waren, fehlen und der ganze Basidienapparat stellt ein engmaschigeres und festeres Netzwerk vor, aus dem sich nur mit Mühe kleinere Teile isolieren lassen (Fig. 39). Eigentümliche Beschaffenheit zeigen die Sterigmen. Abgesehen von ihrer beträchtlichen Länge sind sie stets durch eine Querwand von der zugehörigen Basidie abgetrennt[1]).



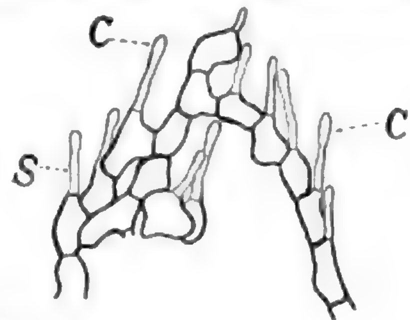


Fig. 39. Zwei Fragmente aus dem netzartigen Basidienapparat von Physcia endococcina. Die dickwandigen Basidien sind von den dünnwandigen Sterigmen (= S) stets durch eine Querwand abgetrennt. Bei C hat die Conidienbildung durch eine leise Anschwellung am Sterigma begonnen. Bei Co drei reife, längliche Conidien. 1200 mal vergrößert.

Die drei letzten Typen, der Sticta-, Physcia- und Endocarpon-Typus, sind vor den übrigen Typen durch ihre winzigen Sterigmen ausgezeichnet. Diese erscheinen als papillenförmige oder sehr feine nadelförmige Gebilde an den jeweiligen Basidien und erreichen niemals die Länge der Spermatien. Conidienstände, wie sie den vorhergehenden Typen eigen waren, fehlen. Der Basidienapparat besteht aus einem mehr oder minder kompliziert gebauten Gewebekörper, der je nachdem verschiedene, Spermatien erzeugende Maschen und Höhlungen umschließt.

---

[1]) Es wäre verfehlt, die Sterigmen der Physcia endococcina zu identifizieren mit denen der vier ersten Typen; da auch sie in Wirklichkeit nichts anderes vorstellen als seitliche Ausstülpungen von Basalzellen, von denen sie sich ausnahmsweise durch eine Querwand abgetrennt haben, was besonders aus der zartwandigen Beschaffenheit der Sterigmen im Vergleich zu den dickwandigen Basidien hervorgeht.

6. Sticta-Typus.

Der Basidienapparat des Sticta-Typus besteht aus einem Netzwerk meist ziemlich radiär angeordneter Hyphen, die vielfach miteinander anastomosieren und fast ganz von Spermatien erzeugenden Basidien zusammengesetzt werden. Die Spermatien sind, ebenso wie bei den zwei folgenden Typen, klein und cylindrisch.

Der Sticta-Typus konnte von mir für folgende Flechten aufgefunden werden:

Gyrophora cylindrica *Ach.*
» esculenta *Myioshi.*
Umbilicaria pustulata *Hoff.*
Sticta linita *Ach.*
» herbacea *Huds.*
» amplissima *(Scop.) Roth.*
» Wrightii *(Tuck.) Nyl.*
» pulmonacea *Ach.*
» damaecornis *Ach.* var. canariensis *Ach.*
Nephromium laevigatum *Ach.*
» parile *Ach.*
Physcia decipiens *Arn.*
Placodium fulgens *Kbr.*
» candicans *Kbr.* [= Ricasolia c. *Mass.*]
Collema multifidum *(Scop.) Kbr.*

Der Basidienapparat und seine Entwicklungsgeschichte.

Auch hier hat die Anlage des Spermogoniums direkt unter der Thallusrinde ihren Sitz, im gleichen Niveau mit der Algenregion, von der sie wenigstens im oberen Teil umgeben wird. Die Gestalt der Anlage ist meist kugelig oder eiförmig; so bei Sticta linita *Ach.* (Tab. II, Fig. 26), Gyrophora cylindrica und Umbilicaria pustulata; seltener ist sie quer elliptisch und $1^1/_2$ mal so breit als lang, wie bei Nephromium laevigatum.

Im Längsschnitt betrachtet (Tab. II, Fig. 26) besteht die Anlage aus einem gleichmäßigen Gewebe dickwandiger, rundlicher oder polygonaler Zellen, die jedoch keine Intercellularen zwischen sich lassen. In diese Primordien können vereinzelte Algen, die später obliterieren, zufällig mit eingeschlossen sein, was wir bereits bei den Parmelien kennen lernten. Im weiteren Verlauf der Entwicklung gewinnt die Anlage mehr und

mehr an Umfang und die Zellchen beginnen — abgesehen von einem größeren oder kleineren centralen Teil — sich radiär zu ordnen, infolge centrifugalen Wachstums, das an der ganzen Peripherie der Anlage sich geltend macht. Solche Entwicklungszustände traf ich bei Sticta linita (Stadium II, Tab. II, Fig. 27), Umbilicaria pustulata und Gyrophora cylindrica. Bald darnach beginnt das Spermogoniumgewebe sich in radialer Richtung durch viele schmale Intercellularen zu zerklüften, indem das Spermogon immer noch an Volumen zunimmt, während der Basidienapparat selbst allmälig sein Wachstum einstellt. Ein solches Stadium fand ich bei Sticta amplissima (Tab. III, Fig. 28), bei der im Gegensatz zu Sticta linita und Umbilicaria pustulata die radiäre Anordnung der Elemente auch vor der Intercellularenbildung bis ins Centrum reichte, was aus diesem Schnitt geschlossen werden darf. Die Vergrößerung der Intercellularen nimmt zu, und zwar im centralen Teil des Spermogoniums am lebhaftesten, während bald darauf auch die Sterigmen- und Conidienbildung in Gang gesetzt wird. Auf diese Weise kommen viele, radiär verlaufende Hyphen zur Entwicklung, die alle miteinander anastomosieren und ein mehr oder minder kompliziertes Netzwerk aufbauen. Jede Hyphe dieses letzteren besteht aus zahlreichen, Sterigmen und Conidien erzeugenden Basidien. Entsprechend der jeweiligen Ausbildung der Intercellularen und entsprechend der jeweiligen Dicke der Netzhyphen kann der Charakter des Basidienapparates ein verschiedener sein. Bei den meisten näher untersuchten Arten wird der Basidienapparat von einem ziemlich gleichmäßigen Netzwerk gebildet, das nach dem Centrum zu mehr große, nach der Peripherie zu mehr kleine Maschen einschließt, während die Basidienhyphen direkt der Wandung ansitzen können (Tab. III, Fig. 30), häufiger aber zu einem der Wandung anliegenden, mäßig dicken, parenchymatischen Belag verschmolzen sind (so in Fig. 29 auf Tab. III von Collema multifidum deutlich zu sehen). Dem Ostiolum gegenüber kann bei genannten Flechten ein verschieden gestalteter, mäßig großer Hohlraum zur Aufnahme der Spermatien nachträglich gebildet werden; so bei folgenden Flechten:

Physcia decipiens.
Sticta Wrightii.
Nephromium laevigatum.
Gyrophora cylindrica.
» esculenta.
Umbilicaria pustulata.

Placodium fulgens[1]).
» (= Ricasolia) candicans.
Collema multifidum.

Der radiäre Bau tritt an dem Spermogoniumnetzwerk der genannten Arten nicht überall mit gleicher Deutlichkeit zu Tage.

Von dem eben geschilderten Spermogoniumbau weichen die meisten Stictaarten insofern noch etwas ab, als bei ihnen die Neigung zur Verschmelzung der Basidienhyphen im peripheren Teil noch weit größer ist, als dies bei den letztgenannten Flechten der Fall war. Von innen nach außen wird dabei die Gliederung des Netzwerkes eine immer unvollkommenere, sodaß die Basidienhyphen zu äußerst in ein festes Gewebe übergehen (Fig. 40 und Tab. III, Fig. 31), welches kleine, intercelluläre Kämmerchen einschließt, die ebenfalls Spermatien erzeugen können.

Außerdem aber sind die in Rede stehenden Stictaarten stets durch einen großen, centralen und sehr unregelmäßigen Hohlraum ausgezeichnet, der stets mit zahllosen Spermatien angefüllt ist (Fig. 40 und Tab. II, Fig. 12).

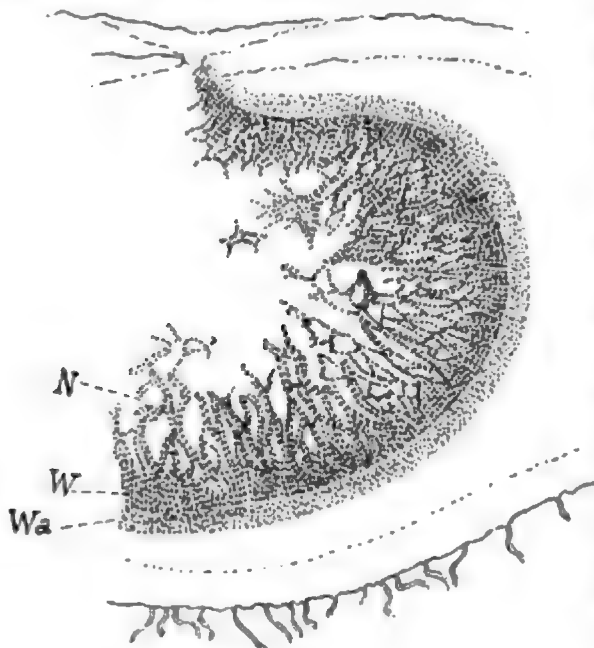


Fig. 40.

Fig. 40. Die Hälfte eines Spermogonlängsschnittes von Sticta linita. Das Netzwerk schließt nach der Mitte zu mehr polygonale und nach der Peripherie zu mehr langgestreckte Maschen ein. W ist der solide, parenchymatische, der Wandung anliegende Teil, in den die Basidienhyphen übergehen, und der sehr kleine, intercelluläre Kämmerchen umschließt, die jedoch in der Zeichnung nicht mit angedeutet werden konnten. Wa = Spermogonienwandung. 192 mal vergrößert.

Die Basidien und ebenso die steril bleibenden Basalzellen des Spermogoniumgewebes sind dreieckig bis polygonal mit abgerundeten

[1]) Placodium fulgens erweist sich bei der Untersuchung als eines der schwierigsten Objekte. Die Spermogonien sind zwar nicht selten, aber stets mit kleinen Kalkpartikelchen derart angefüllt, daß selbst sehr zarte Längsschnitte keineswegs den Bau derselben erkennen lassen. Um den Kalk zu beseitigen, wurden die betreffenden Thalli je nachdem 12—24 Stunden lang mit verdünnter Salz- oder Schwefelsäure behandelt. Nach sorgfältiger Auswaschung der Säure wurden die Thalli an der Luft getrocknet und auf gewöhnliche Weise weiter verarbeitet.

Ecken, wobei die quadratische und die rechteckige Form vorherrschend ist (Tab. III, Fig. 31 u. 32, Fig. 41—44). Seltener finden sich tonnenförmige Basidien (z. B. bei Collema multifidum, Nephromium laevigatum und parile) oder hammerförmige, wie nur an den Verzweigungspunkten der Hyphen von Physcia decipiens (Fig. 44a). Der Breitendurchmesser verhält sich zum Längsdurchmesser wie 1:1 oder 1:2; selten wie 1:5, so mitunter bei Physcia decipiens. Beispielsweise werden die Basidien von Nephromium laevigatum und parile 5,6—8,5 μ breit und 4 bis 8,5 μ lang; die von Placodium fulgens werden 4—6 μ breit und bis 8,5 μ lang. Die Membran der Basidien und Basalzellen ist oft durch besondere Dicke ausgezeichnet (Tab. III, Fig. 31, 32, 42 und 44), seltener ist sie dünnwandig, so bei Sticta pulmonacea (Fig. 41) und Placodium fulgens.

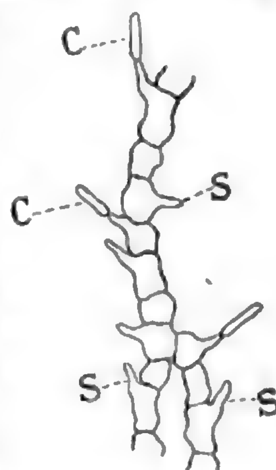


Fig. 41.

Fig. 41. Stückchen einer Netzhyphe aus dem Spermogon von Sticta pulmonacea. Die Basidien sind alle dünnwandig und tragen seitlich die verhältnismäßig sehr großen Sterigmen (= S), die zum Teil fast reife Conidien (= C) tragen. Co sind drei reife Conidien. 1000 mal vergrößert.

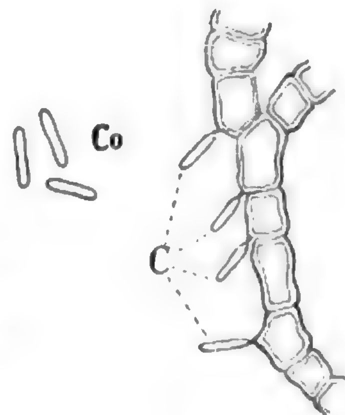


Fig. 42.

Fig. 42. Stückchen einer Basidienhyphe von Sticta Wrightii; bestehend aus quadratischen und rechteckigen, dickwandigen Basidien, die seitlich auf winzigen Sterigmen die Conidien (= C) tragen. 1000 mal vergrößert.

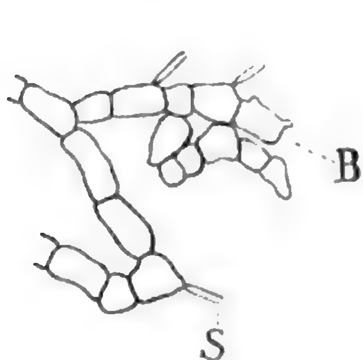


Fig. 43 a.

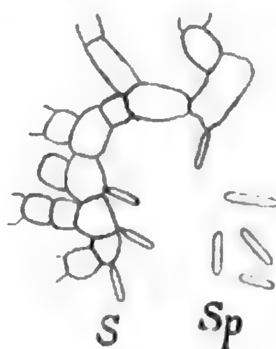


Fig. 43 b.

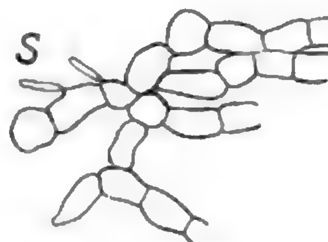


Fig. 43 c.

Fig. 43 a—c. Drei Gewebsfragmente aus dem Spermogon von Placodium (= Ricasolia) candicans. Die Basidien sind der Mehrzahl nach quadratisch oder rechteckig und erzeugen auf winzigen, papillenförmigen Sterigmen die Conidien. Die Basidie B in Fig. a trägt nach oben zu zwei Sterigmen, von denen die Conidien bereits abgefallen sind. Den übrigen Basidien sitzen zum Teil noch die Conidien an. Sp sind vier reife Spermatien. 1200 mal vergrößert.

Von Sterigmen findet sich an jeder Basidie in der Regel nur je eines vor. Je zwei Sterigmen beobachtete ich gelegentlich an den Basidien von Sticta linita, Umbilicaria pustulata und Placodium candicans. Nur bei Physcia decipiens sitzen den Basidien mitunter auch je 2—3 Sterigmen an (Fig. 44). — Die Sterigmen haben bald nahe der Grenze von zwei Basidien ihren Sitz, bald an einer anderen beliebigen Stelle der letzteren.

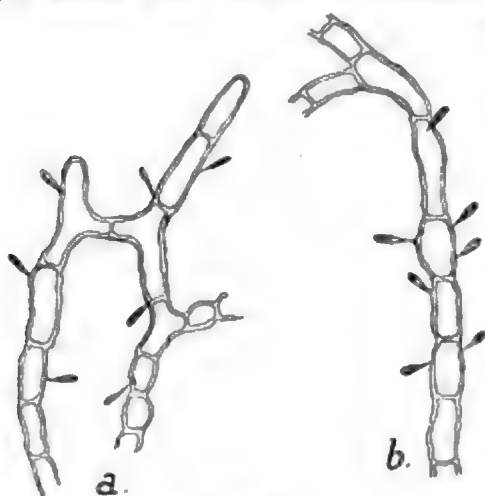


Fig. 44.

Fig. 44a und b. Fragmente von Basidienhyphen der Physcia decipiens. In a zeigen die Basidien an den anastomosierenden Stellen hammerförmige Gestalt. Die Sterigmen sind sehr zart und nadelförmig. 1200mal vergrößert.

Das Sterigma ist bei den meisten Vertretern des Typus scheinbar eine winzige Membranpapille (Sticta Wrightii, Fig. 42, Gyrophora, Umbilicaria etc.). Bei manchen Arten dagegen stellt es auch ein sehr feines, cylindrisches Gebilde vor, das mit Hinsicht auf die weit größere Conidie einem zarten Stielchen vergleichbar ist (Tab. III, Fig. 31 u. 32, bei Sticta linita und in Fig. 44 bei Physcia decipiens). Ausnahmsweise kann das Sterigma auch in einer größeren, seitlichen Ausstülpung der Basidien bestehen, die etwas an das Bajonettsterigma von Parmelia erinnert, niemals aber die Dimension dieses letzteren erreicht. So nur bei Sticta pulmonacea (Fig. 41) und Placodium fulgens.

Die Conidienbildung wird eingeleitet durch eine knopfförmige Anschwellung des Sterigmaendes, das sich allmälig zur Conidie verlängert. Bei Sticta pulmonacea beobachtete ich gelegentlich, wie je zwei Spermatien je einem Sterigma hintereinander aufsaßen, woraus auf eine länger andauernde Conidienproduktion bei den Sterigmen geschlossen werden darf; damit würde sich dann auch die große Massenhaftigkeit der Spermatien gerade bei Sticta erklären.

Die Conidien sind bei allen Flechten des Sticta-Typus klein und cylindrisch. Weder ihre Gestalt noch ihre Größe liefert für die Erkennung des Typus charakteristische Merkmale.

Anhang zum Sticta-Typus.

Sicherlich gehören noch folgende Flechten dem Sticta-Typus an, von denen jedoch bis jetzt nur mangelhafte Abbildungen des Basidienapparates vorliegen:

Sticta damaecornis var. macrophylla *Hook.*[1])
» oxygmaea *Ach.*[2])
» Urvillei *Del.*[2])
» Freycinetii *Del.*[2])
Nephroma arcticum *Nyl.*[3])
Gyrophora hyperborea *Hoff.* var. convoluta *Linds.*[1])
» proboscidea *Ach.*[4])
Leptogium saturninum *Fr.*[3]) u. [5])
» muscicolum *Fr.*[5])
Collema cheileum *Ach.*[4])
» pulposum *Ach.*[4])
Endopyrenium hepaticum *Ach.*[4])

7. Physcia-Typus.

Wir sahen, wie innerhalb des Sticta-Typus den einen Vertretern ein ziemlich gleichmäßiges Netzwerk als Basidienapparat zukam, während die anderen ein nach der Peripherie hin kompakter werdendes Netzwerk aufwiesen, was auf eine unvollkommenere Trennung der Primordiumzellen während der Spermogonienentwicklung zurückzuführen ist. Bei dem Physcia-Typus nun ist die Trennung der Primordiumzellen eine noch unvollkommenere als bei letztgenannten Flechten des Sticta-Typus, sodaß die reifen Conidienfrüchte ein Netzwerk vorstellen ähnlich dem des Sticta-Typus, das aber nicht nur im peripheren Teil, sondern auch überall in der centralen Region verschieden viele und große, steril bleibende Zellkomplexe besitzt. Im übrigen jedoch existiert kein nennenswerter Unterschied zwischen dem Sticta- und Physcia-Typus.

Dem Physcia-Typus gehören die Spermogonien folgender Flechten an, die von mir näher untersucht werden konnten:

Anaptychia ciliaris *D. C.*
Physcia speciosa *(Wulf.) Nyl.*
» stellaris *L.*
» tenella *Scop.*
» murorum *Hoff.*
Parmelia pulverulenta *Fr.*

Der Basidienapparat und seine Entwicklungsgeschichte möge an Anaptychia ciliaris näher erläutert werden, einer leicht zu

---

[1]) In *Lindsay* I abgebildet.
[2]) In *Lindsay*, New Zealand, auf Tab. 60.
[3]) In *Nylanders* Synopsis abgebildet.
[4]) Bei *Tulasne* abgebildet.
[5]) Bei *Crombie* abgebildet.

beschaffenden Flechte, deren Spermogonien wegen ihrer Größe und Häufigkeit schon sehr lange bekannt und vielfach beschrieben sind (pag. 2f.). Aber trotzdem ist ihr anatomischer Bau bis heute nur sehr mangelhaft bekannt.

Das jugendlichste Entwicklungsstadium, das ich bei Anaptychia ciliaris auffand, zeigt Tab. III, Fig. 33. Es ist im wesentlichen nicht verschieden von dem des Sticta-Typus und bildet einen kugeligen Gewebekörper der direkt unter der Thallusrinde, in der Algenregion seinen Sitz hat. Im Längsschnitt besteht er aus dickwandigen, polygonalen Zellen, die alle durch ein bis mehrere, stark lichtbrechende Öltröpfchen ausgezeichnet sind. Die Weiterentwicklung ist wiederum ähnlich wie bei Sticta. Nachdem die Elemente des noch festen Gewebekörpers sich bedeutend vermehrt haben, lassen sie — abgesehen vom centralen Teil des Primordiums — deutlich eine radiäre Struktur erkennen (Tab. III, Fig. 34). Dabei wurde gleichzeitig der Thallus an der betreffenden, die Anlage einschließenden Stelle zu einem beträchtlichen Höcker emporgewölbt. Im Gegensatz zu Sticta ist die nun folgende Zerklüftung des Gewebes eine mehr unregelmäßige und die ursprünglich radiäre Anordnung der Elemente des Primordiums verschwindet, wenn auch zunächst nur teilweise, mit dem Heranreifen des Früchtchens. Die Zerklüftung beginnt im Centrum und erzeugt hier einen später sehr groß werdenden Spalt, von dem aus meist kleinere Intercellularen nach der Peripherie hin gebildet werden. Die Intercellularen (Fig. 45) besitzen bald den Charakter von Netzmaschen, bald den von isolierten Kämmerchen. Beide sind in gleicher Weise zur Erzeugung von Sterigmen und Spermatien befähigt. Der so entstandene Basidienapparat kann jedoch mit dem Älterwerden noch einige Veränderungen erleiden, die eine länger andauernde und umfangreichere Spermatienproduktion bezwecken. Zunächst können kleinere Zellkomplexe von meist hyphenartigem Charakter in die vorhandenen Hohlräume hineinwuchern und zu Basidien werden, was aus der Struktur reifer Spermogonien, die noch nicht zu alt sind, geschlossen werden darf (z. B. Fig. 45). Außerdem aber nimmt das Früchtchen stetig an Volumen zu, sodaß durch den radialen Zug, den das Wachstum ausübt, das Gewebe in vielen Teilen aufgelockert wird und das Aussehen eines lockeren, oft weitmaschigen Hyphennetzes annimmt. Nur größere, festere Gewebskomplexe in dem Spermogon bleiben von diesem sekundären Zerklüftungsprozeß verschont und bestehen auch in älteren Früchtchen immer noch fort, mehr oder weniger von netzartigem Gewebe umgeben, das immer noch viele

neue Spermatien produziert. Ein derartiges Spermogon zeigt Tab. III, Fig. 36.

Ganz genau ebenso verhalten sich die übrigen dem Physcia-Typus angehörigen Flechten, und es entspricht z. B. der Fig. 35 die Fig. 4 auf Tab. II von Psora lurida.

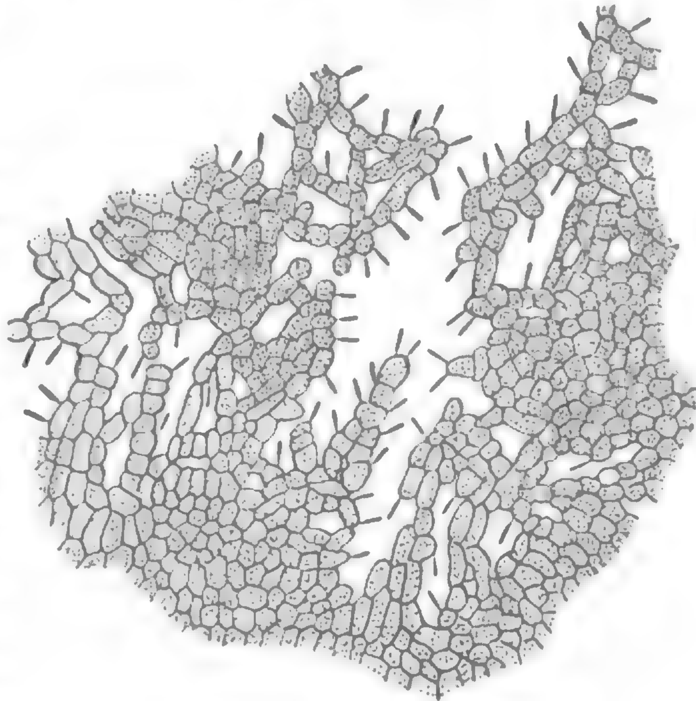


Fig. 45. Ein Stückchen aus dem Spermogoniumgewebe von Anaptychia ciliaris bei stärkerer Vergrößerung. Das Gewebe selbst ist fein punktiert, damit es sich von den hell gelassenen Intercellularen deutlicher abhebt; diese sind zum Teil maschenartig, zum Teil kammerartig (so besonders nach rechts zu) und produzieren auf winzigen Sterigmen zahlreiche Spermatien, von denen jedoch der Deutlichkeit des Bildes wegen nur wenig eingezeichnet werden konnten. 600 mal vergrößert.

Fig. 45.

Die Basidien und sterilen Basalzellen der festeren Gewebeteile im Spermogon sind dreieckig bis polygonal oder cylindrisch und dann 2—4 mal so lang als breit; seltener sind sie rundlich oder schwach angeschwollen (Physcia murorum, Fig. 46).

Die Größenverhältnisse der Basidien und Basalzellen mögen einige Messungen veranschaulichen. Bei Parmelia pulverulenta sind sie 2,1—2,8 μ breit und 2,1 bis 5,6 μ lang; bei Physcia stellaris sind sie 1,5—2,8 μ breit und 2—4,2 μ lang; bei Ph. murorum sind sie 2,2—5,6 μ breit und 2,5—6,3 μ lang; und bei Anaptychia ciliaris sind sie 1,4—3 μ breit und 1,4—8,5 μ lang. —

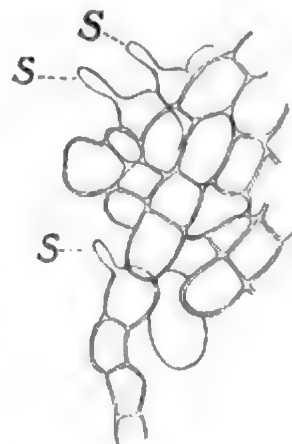


Fig. 46. Ein kleines Gewebestückchen aus dem Spermogon von Physcia murorum. Drei Basidien sitzen auf verhältnismäßig dicken, kurzen Sterigmen unreife Spermatien an, die mit S bezeichnet sind. 1200 mal vergrößert.

Fig. 46.

Die Sterigmen sind stets sehr klein und haben das Aussehen winziger Membranpapillen, die nur bei Physcia murorum als deutliche Ausstülpungen der inneren Basidienmembran sich wirklich erkennen lassen. Von Sterigmen findet sich

an jeder Basidie in der Regel nur je eins vor, nur bei Anaptychia ciliaris pflegen die Basidien mehrere Sterigmen zu erzeugen.

Die Conidien sind bei allen Vertretern des Typus kurz und cylindrisch. Für die Auffindung des Typus liefern sie keine charakteristischen Erkennungsmerkmale.

Dem Physcia-Typus gehören sicherlich noch viele Physcia-, Parmelia- und Anaptychiaarten an, denen von Systematikern «gegliederte Sterigmen» zugeschrieben werden, die aber bis jetzt noch nicht dem Physcia-Typus eingereiht werden können und weiterer Untersuchung vorbehalten bleiben. (Über Flechten mit gegliederten Sterigmen siehe pag. 79f.)

8. Endocarpon-Typus.

Zum Unterschied von den beiden vorhergehenden Typen besitzt das Spermogon des Endocarpon-Typus in keinem Stadium seiner Entwicklung jemals netzartigen Charakter. Der Basidienapparat erfüllt als ein fester Gewebekörper das ganze Spermogon und schließt stets viele, allseitig abgeschlossene Hohlräume ein, an deren Wänden auf winzigen Sterigmen die Conidien erzeugt werden.

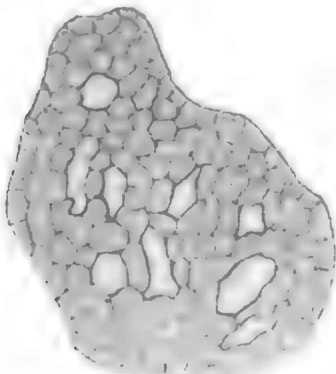
Der Endocarpon-Typus scheint eine ziemlich geringe Verbreitung im Flechtenreich zu besitzen. Ich konnte ihn bis jetzt nur auffinden für:

Xanthoria parietina *Fr.*
» lychnea *Th. Fr.*
Endocarpon rivulorum *Arn.*
» fluviatile *D. C.*
» miniatum *Ach.*
Endopyrenium rufescens *Kbr.*

Der Basidienapparat und seine Entwicklungsgeschichte. Die jugendlichen Entwicklungsstadien stellen bei Endocarpon rivulorum (Tab. III, Fig. 37) einen rundlichen, parenchymartigen Gewebekörper dar, welcher auch hier unter der Thallusrinde in der Algenregion liegt. Die Zellen des Primordiums sind polygonal, viel dünnwandiger und kleiner als die des benachbarten Thallusgewebes und außerdem noch durch ihren reichen, feinkörnigen, protoplasmatischen Inhalt ausgezeichnet. Im Weiterverlauf werden die Zellen des Primordiums zahlreicher und dickwandiger, ohne jedoch jemals eine radiäre Anordnung anzunehmen. In diesem Gewebe entstehen nun durch rißartiges Auseinanderweichen der Zellen, wobei wahrscheinlich

ein Verschleimungsprozeß der Membranen gewisser Zellgruppen vorausgeht, viele Kämmerchen und Höhlungen von verschiedenartiger Gestalt und regelloser Anordnung. Die Wände der so entstandenen Kammern werden von Basidien gebildet, die ebenfalls auf winzigen Sterigmen in diese ersteren hinein die Conidien erzeugen. Bei Xanthoria (Fig. 47 und Tab. III, Fig. 38) sind die Spermatienkämmerchen zahlreich, klein und meist nur 1—3mal so lang als breit. Während bei genannten Endocarponarten (Tab. III, Fig. 39 und 40), sowie bei Endopyrenium rufescens die Kämmerchen häufig auch langgestreckt, U-förmig, X-förmig oder sonst irregulär gebaut sein können. Bei starker Vergrößerung zeigt sich, daß die Wandung der Spermatienkammern von Endocarpon (Fig. 48 und 49) und Endopyrenium rufescens oft sehr uneben ist. Einzelne Basidien oder kleinere Zellkomplexe ragen zapfenartig in das Lumen der Kammern hinein, um ebenfalls Spermatien erzeugen zu können.

Die Basidien und sterilen Basalzellen des Spermogoniumgewebes sind polygonal, meist fünf- bis sechseckig und ziemlich isodiametrisch; seltener cylindrisch und 3—4mal so lang als breit, wie ich solche im Centrum der Spermogonien von Xanthoria parietina mitunter antraf. Bei Endocarpon (Fig. 48 bis 49) und Endopyrenium rufescens springen die Basidien mit der an den Intercellularraum angrenzenden Wand winkelartig vor, um an dieser Stelle die Sterigmen und Conidien zu erzeugen.





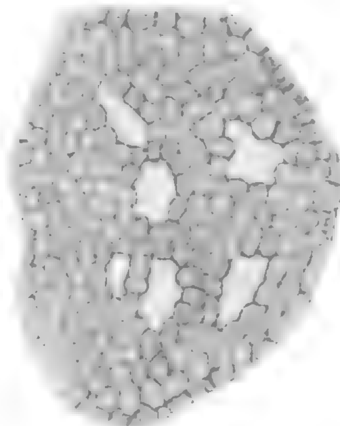


Fig. 47a. Fig. 47b.

Fig. 47a und b. Zwei Gewebestückchen aus dem Spermogon von Xanthoria parietina stärker vergrößert. a ist aus dem peripheren und b aus dem centralen Teil des Früchtchens genommen. a umschließt neun und b sechs Intercellularen, in welchen der Deutlichkeit des Bildes wegen die Spermatien nicht eingezeichnet werden konnten. 910mal vergrößert.

Von Sterigmen wird an jeder Basidie immer nur je eines erzeugt, soviel ich bei Endocarpon rivulorum und E. fluviatile konsta-

tieren konnte. Nur bei Xanthoria parietina und jedenfalls auch bei X. lychnea trägt jede Basidie mehrere winzige papillenartige Sterigmen, ähnlich wie bei Anaptychia ciliaris.

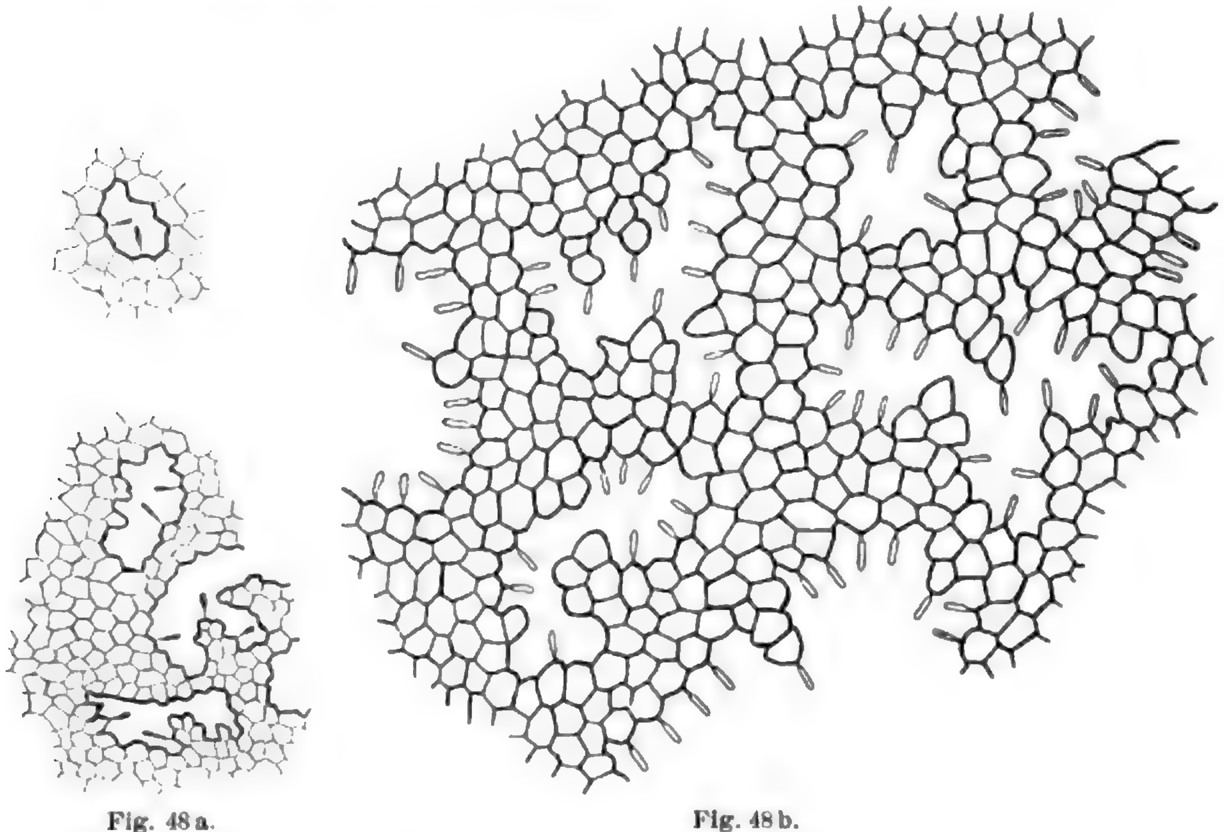


Fig. 48 a. Fig. 48 b.

Fig 48. Einzelne Stücke aus dem Spermogonium von Endocarpon rivulorum stärker vergrößert. In der unteren Fig. von a umschließt das Gewebe zwei Spermatienkämmerchen ganz und zwei andere nur zum Teil. Das obere Gewebefragment umschließt nur einen sehr kleinen Hohlraum, in dem zwei Spermatien zu sehen sind. Fig. 48 b umschließt vier Hohlräume ganz und vier andere nur zum Teil. Fast allen Basidien, welche die Hohlräume begrenzen, haften Spermatien an. 48 a ist 600 mal und 48 b ist 1000 mal vergrößert.

Zum Zwecke der Entleerung der Spermatien bildet sich bei Endocarpon in der das Spermogonium oben bedeckenden Rinde ein Riß, sodaß das oberste Spermatiumkämmerchen zunächst mit der Außenwelt in Verbindung gebracht wird und seinen Inhalt entleert. Das Zellgewebe, welches die tieferliegenden Kämmerchen noch verschließt, beginnt sodann unter dem steten Einfluß der Atmosphärilien zu obliterieren, bis die jetzt zu oberst liegenden Hohlräume ebenfalls erschlossen werden und ihren Inhalt entlassen. Auf diese Weise wird das Spermogoniumgewebe von oben her immer tiefer und tiefer ausgenagt (Tab. III, Fig. 41), bis schließlich alle Spermatien in Freiheit gesetzt sind. Ist der Entleerungsprozeß, der nach dem Ge-

sagten als Zerfallsprozeß erscheint, beendet, so findet man häufig nur noch eine einzige, gleichmäßige Höhlung im Thallus vor.

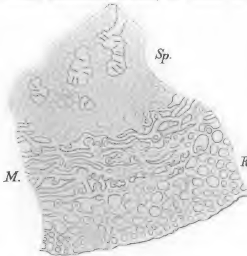


Fig. 49.

Fig. 49. Ein Stückchen des Spermogoniumgewebes von Endocarpon fluviatile mit der darunterliegenden unteren Thallusrinde (= R). Das Spermogoniumgewebe umschließt drei Spermatienkämmerchen ganz und das vierte, größte zu oberst nur teilweise. Mit M ist etwas Markgewebe bezeichnet, das zwischen dem Spermogoniumgewebe und der unteren Thallusrinde (= R) liegt und horizontal verlaufende, sowie quer durchschnittene Hyphen erkennen läßt. 600mal vergrößert.

Anhang zum Sticta-, Physcia- und Endocarpon-Typus.

Als solcher muß noch eine größere Anzahl von Flechten hier genannt werden, die erst auf Grund weiterer Beobachtung auf die drei letztbehandelten Typen, den Sticta-, Physcia- und Endocarpon-Typus, verteilt werden können; die Spermatien erzeugenden Organe dieser Flechten wurden bisher in der Systematik mit der allgemeinen Bezeichnung der «gegliederten Sterigmen» belegt.

Nach *Wainio (Brasilien)* kommen folgenden Flechten «Sterigmata stricte oder constricte articulata» zu:

Theloschistes acromela *(Pers.) Wain.*
Parmelia pluriformis *Nyl.*
» revoluta *Floerk.*
» consimilis *Wain.*
» flava *Krmphb.*
Anaptychia leucomelaena *(L.) Wain.* var. vulgaris *Wain.*
» podocarpa *(Bel.) Trév.*
» comosa *(Eschw.) Trév.*
» hypoleuca *(Mühlenb.) Wain.*
Physcia convexa *Müll. Arg.*

Physcia carassensis *Wain.*
» syncolla *Tuck.*
» picta *(Sw.).*
» aegialita *(Ach.) Nyl.*
Pseudocyphelaria *(= Sticta Nyl.)* aurora *(De Not.) Wain.*
Sticta Weigelii *(Ach.).*
» damaecornis *(Ach.) Sw.*
Lobaria *(= Sticta)* americana *Wain.*
» olivacea *Wain.*
» quercicans *Mich.*
» peltigera *(Del.) Wain.*
» crenulata *(Hook) Wain.*
Erioderma verruculosum *Wain.*
Coccocarpia pellita *(Ach.) Müll. Arg.*
Leptogium bullatum *(Ach.) Nyl.*

Von folgenden Flechten finden sich teils bei *Nylander (Synopsis)*, teils bei *Crombie* Abbildungen der Conidien erzeugenden Elemente vor, die Erstgenannter als «arthrosterigmata» und Letztgenannter als «jointed sterigmata» bezeichnet:

Spilonema paradoxum *Born.* (*Nyl.* Tab. II, Fig. 3f., *Cromb.* pag. 20, Fig. 29).
Pterygium centrifugum *Nyl.* (*Nyl.* Tab. II, Fig. 15).
Leptogium muscicolum *Fr.* (*Cromb.* pag. 68, Fig. 16d).
» lacerum *Fr.* (l. c. pag. 69, Fig. 18g).
Sphaerophorus coralloides *Ach.* (l. c. pag. 103, Fig. 28c).
Thamnolia vermicularis *Schaer.* (*Nyl.* Tab. VIII, Fig. 6 und *Cromb.* pag. 184, Fig. 38c).
Parmelia Dregeana *Hmp.* (*Nyl.* Tab. I, Fig. 25b).
Baeomyces ramalinellus *Nyl.* (*Nyl.* Tab. I, Fig. 13b).
» roseus *Pers.* (*Nyl.* Tab. VI, Fig. 21 und *Cromb.* pag. 109, Fig. 30e).
Icmadophila aeruginosa *Scop.* (*Cromb.* pag. 112, Fig. 31e).
Pannaria rubiginosa *Del.* (*Cromb.* pag. 336, Fig. 55d).
» plumbea *Nyl.* (l. c. pag. 346, Fig. 57d).
» hypnorum *Ach.* (*Nyl.* Tab. I, Fig. 4d).
Placodium callopismum *Ach.* (l. c. pag. 357, Fig. 61c).
Callopisma cerinum *Kbr.* (l. c. pag. 371, Fig. 63b).
Lecanora roboris, *Nyl.* (l. c. pag. 394, Fig. 64b).
» ventosa *Ach.* (l. c. pag. 456, Fig 66b).

Endlich müssen noch verschiedene von *Tulasne* und *Lindsay* auf Spermogonien hin untersuchte Flechten hier Erwähnung finden, da sie ebenfalls auf Grund erneuter Nachuntersuchung auf die drei letzten Typen sich verteilen lassen:

Thamnolia vermicularis *Schaer.* (*Linds.* I. Tab. V, Fig. 23).
Physcia villosa *Dub. var. Dieckiana Linds.* (l. c. Tab. XIII, Fig. 16).
» leucomela *Mich.* (l. c. Tab. XIII, Fig. 18).
» flavicans *DC.* (l. c. Tab. XIV, Fig. 20).
Pannaria plumbea *(Lightf.) Nyl.* (l. c. Tab. XIV., Fig. 25 und *Tul.* pag. 172 und 173).
» muscorum *Ach.* (*Linds.* I, Tab. XIV, Fig. 29 und 30).
Gyrophora hirsuta *Ach.* (*Tul.* l. c. pag. 205).
» erosa *Ach.* (l. c. pag. 206).
» spadochroa *Ach.* (l. c. pag. 206).
Leptogium tremelloides *Fr.* (*Linds.* I. Tab. XV, Fig. 45).

Vergleich zwischen Flechten und Pilzen mit Hinsicht auf den Basidienapparat und dessen Entwicklungsgeschichte.

Da die Askolichenen die gleiche Schlauchfruktifikation wie die Askomyceten besitzen, so liegt auch ein Vergleich der Conidienfrüchte beider Gruppen ziemlich nahe[1]).

Leider besitzen wir über den anatomischen Bau der Pilzconidienfrüchte bis jetzt noch so wenig Arbeiten, daß ein solcher Vergleich noch bei weitem nicht halbwegs befriedigend ausfallen kann, wenn auch über die Entwicklungsgeschichte der Conidienfrüchte einzelner Arten bereits umfangreichere, genaue Untersuchungen, hauptsächlich von *Zopf* und *Bauke*, existieren.

Betrachten wir zunächst die fertigen Zustände einiger Pilzconidienfrüchte mit denen der acht Spermogonientypen bei Flechten, so würden dem Peltigera-Typus die Conidienfrüchte folgender Askomyceten entsprechen, von denen *Tulasne* in seiner Carpologia diesbezügliche Abbildungen giebt; so von:

Aglaospora profusa *De Not.* (l. c. II. Tab. XX, Fig. 6).
Massaria rhodostoma *Alb. et Schw.* (l. c. Tab. XXIV, Fig. 3 und 7).
Valsa liphaema *Fr.* (l. c. Tab. XXIII, Fig. 18).
» ceratophora *Tul.* (l. c. Tab. XXII, Fig. 11).
Dothidea melanops *Tul.* (l. c. Tab. X, Fig. 6).
Massaria loricata *Tul.* (l. c. Tab. XVI, Fig. 3).
Cenangium Ribis *Fr.* (l. c. III. Tab. XIX, Fig. 6).

Bei all diesen Arten werden verhältnismäßig große, oft durch Querwände septierte und Öl führende Conidien («Pyknoconidien», «Stylosporen») gebildet. Solche Schlauchpilze, die nach *Tulasnes* Angabe und Abbildung kleine Conidien (echte Spermatien) auf langen Sterigmen erzeugen, die direkt der inneren Wandung ansitzen sollen, habe ich hier nicht mit erwähnt und werden weiterer Beobachtung empfohlen.

Dem Cladonia-Typus dürfte nach *Tulasne* Cenangium Ligni *Maz.* (l. c. III. Tab. XX, Fig. 6) und Dothidea melanops *Tul.* (l. c. II. Tab. X, Fig. 6) entsprechen.

---

[1]) Den Vergleich auch auf die Gasteromyceten auszudehnen, scheint mir nicht am Platze zu sein, wenn auch manche Flechtenspermogonien, insbesondere die der drei letzten Typen, eine gewisse Ähnlichkeit mit den Conidienfrüchten der Bauchpilze an den Tag legen.

Dem Psora-Typus dürfte Nectria sinopica *Fr.* (l. c. III. Tab. XI, Fig. 8) und Sphaeria obducens *Fr.* (l. c. II. Tab. XXVIII, Fig. 9) entsprechen.

Dem Placodien-Typus dürfte Eutypa flavovirens *Pers.* (l. c. Tab. VII, Fig. 4), Polystigma rubrum *Pers.* (l. c. Tab. VIII, Fig. 11 und 12), Eutypa Acharii *Tul.* entsprechen. Vielleicht gehören alle Pilzconidienfrüchte mit placodiumartigen Spermatien hierher (nach *Tul.*, z. B. Melogramma Bulliardi *Tul.*, Diatrype quercina *Fr.*, Quaternaria Persoonii *Tul.* u. a.).

Dem Parmelia-, Sticta- und Physcia-Typus äquivalente Vertreter scheinen unter den echten Pilzen, so weit bis jetzt bekannt, vollständig zu fehlen. Dagegen verraten einige Pilzconidienfrüchte Ähnlichkeit mit dem Endocarpon-Typus, wenn auch nur bis zu einem gewissen Grade. Denkt man sich ein Spermatiumkämmerchen von Endocarpon so vergrößert, daß es das ganze Volumen des Spermogoniums ausfüllt bis auf einen mehr oder minder dicken parenchymatischen Wandbelag, so würde dieses Spermogon identisch sein mit demjenigen von Fenestella Platani *Tav.* (*v. Tavel* Tab. VII, Fig. 11), Pycnis sclerotivora *Bref.* (*Brefeld IV*, Tab. X, Fig. 3), Cucurbitaria elongata (*Bauke* Tab. XXIX, Fig. 15), und Dothidea ribesia *Fr.* (*Tul.* Carpologia II, Tab. IX, Fig. 4). Ähnlich wie bei Endocarpon springen auch bei diesen Pilzen kleine Zellkomplexe — bei der großen centralen Höhlung selbstverständlich in entsprechend großer Anzahl — in das Innere des Spermogoniums vor; und jede den Hohlraum begrenzende Zelle funktioniert als Basidie, die auf winzigen Sterigmen kleine cylindrische Spermatien erzeugt. Eine dem Endocarpon-Typus gleiche Spermatien- und Sterigmenbildung zeigt auch Cincinnobolus Cesatii *De Bary* (*De Bary* pag. 268, Fig. 119) und Fumago salicina (*Zopf*, Tab. XXIV, Fig. 20). Nur sind hier im Gegensatz zu den letztgenannten Pilzen die Basidien gleichzeitig auch die Wandungszellen des aus einer einzigen Zelllage bestehenden Früchtchens.

Auf einige weitere Analogieen, die zwischen den Höhlungen mancher Flechtenspermogonien und denjenigen von verschiedenen Pilzspermogonien sich vorfinden, ist weiter unten (pag. 96 und 98) noch hingewiesen.

Nachdem wir bereits oben die Entwicklungsgeschichte der verschiedensten Flechtenspermogonien kennen gelernt haben, wollen wir auch auf die der Pilzspermogonien noch einen vergleichenden Ausblick thun. Die Pilzspermogonien werden mit Hinsicht auf ihre verschiedenartige Entwicklungsgeschichte von *Zopf* in seinem Lehrbuch der Pilze

(pag. 58) eingeteilt a) in Hyphenfrüchte, b) in Gewebefrüchte und c) in Knäuelfrüchte.

Die Hyphenfrucht ist von *Zopf* für Fumago salicina sehr eingehend studiert worden und findet sich bei genanntem Autor (l. c. pag. 58 und 59) in folgender Weise charakterisiert:

«Im einfachsten Falle geht die Entwicklung von einer Mycelzelle aus, die sich zunächst durch eine Querwand in zwei Zellen, und dann durch Wände, welche senkrecht auf der vorigen stehen, in vier Quadranten teilt. Unter Umständen gehen auch zwei bis drei nebeneinanderliegende Zellen, sei es desselben Fadens, oder zweier zusammengelagerter Fäden, solche Teilungen ein. Dieser durch Teilung von 1—3 Zellen entstandene Zellkomplex bildet die Anlage (Primordium) der Pyknide. Die weitere Entwicklung erfolgt nun in der Weise, daß jede Zelle zu einem, vom Mycel sich erhebenden, gegliederten Faden auswächst. Die Fäden schmiegen sich gleich bei ihrer Entstehung dicht aneinander und wachsen durch Spitzenwachstum weiter, einen mehr oder minder gestreckt kegelförmigen Körper bildend. Später baucht sich dann der Körper in dem Teile, welcher der conidienbildenden Region entspricht, mehr oder minder aus, als Folge davon, daß die Zellen sich hier lebhaft teilen und weiten. Die genannte Region wird daher kurzzellig, und die Zellen erscheinen quer zur Richtung der Längsachse mehr oder minder gestreckt. Bei diesem Vorgang entsteht in jener Region ein Hohlraum, in welchen hinein die Conidien von den Zellen der Wandung abgeschnürt werden.»

«Eine solche Pyknide entsteht und besteht also aus dicht aneinandergeschmiegten Hyphen, welche im ganzen parallel verlaufen und daher meist in ihrer ganzen Länge klar zu verfolgen sind. Zu diesem Typus gehört nach *De Barys* Untersuchungen auch Cincinnobolus Cesatii.»

Den zweiten Typus bezeichnet *Zopf* als Gewebefrucht (l. c. pag. 59), die weitaus am verbreitetsten zu sein scheint. Eine sehr eingehende Untersuchung widmet *Zopf* der Gewebefrucht in seiner Arbeit über «Die Conidienfrüchte von Fumago»[1]), woselbst es (pag. 290 und 291) folgendermaßen heißt:

«Diese Primordien nehmen, wie die der Hyphenfrüchte, entweder an isolierten Mycelfäden oder an zwei- bis mehrhyphigen Strängen ihren Ursprung. Sie entstehen aus einer oder mehreren benachbarten Zellen. Bei Strangbildungen liegen letztere bald nur auf einer Hyphe

---

[1]) *Nova Acta Leop. Carol.*, Band 40 mit Tab. XXIV, Fig. 8—24.

des Stranges, bald auf mehreren. Zunächst gliedern sie sich durch Quersepten in außerordentlich kurze Zellen; diese schwellen an und inserieren der Axe des Fadens parallel oder transversal verlaufende sekundäre Wände. Hierauf scheinen Teilungen in beliebigen Richtungen des Raumes zu erfolgen, welche zur Entstehung von rundlichen oder länglichen Körpern führen.« Und weiter unten (pag. 291) heißt es: «Nachdem die jungen Gewebekörper zu meist rundlichen oder länglichen, durchaus soliden Gebilden herangewachsen, tritt durch tangentiales Wachstum der peripherischen Elemente ein centraler Hohlraum auf. Die diese Centralhöhle begrenzenden Zellen übernehmen nun die Funktion der Sporenabschnürung[1]), welche meist dicht unterhalb ihrer Scheidewände erfolgt. Seitenzweige (Sterigmen[2]), wenn man will), wie wir sie in dem Köpfchen der Bündel ab und zu antrafen und wie sie *Bauke* bei einigen Gewebepykniden fand, werden nie in das Innere hineingesandt. — — — — Die Wandung erscheint, wie bei den kleinen Hyphenfrüchten, 2—1schichtig, bräunt sich sehr bald ziemlich stark und ist bei völlig reifen Exemplaren nur von einer Zelllage gebildet. So lange die Frucht geschlossen, zeigt sie kugelige Form, um erst bei Bildung ihrer Öffnung etwas birn- oder eiförmig zu werden.»

Ganz ähnlich ist der Verlauf der Spermogonien-Entwicklung bei einigen anderen Schlauchpilzen, deren Conidienfrüchte ebenfalls als Gewebefrüchte bezeichnet werden müssen, so bei Pycnis sclerotivora *Bref.*[3]), Cucurbitarita elongata[4]), C. Platani *Tavel*[5]), bei welch letzterer die Spermogonien durch fortgesetzte Teilung einer Hyphenzelle oder durch Zellteilung aus einer Schlauchspore direkt entstehen können (sog. «Sporopyknide»). Schließlich gehören den Gewebefrüchten noch an Leptosphaeria (= Pleospora) Doliolum *Tul.*[6]) und Pleospora herbarum *Fr.*[7]).

---

[1]) Gemeint sind natürlich Conidien.

[2]) Sterigmen sind in Wirklichkeit auch hier vorhanden; nur bestehen sie aus ebenso winzigen, papillenartigen Bildungen, wie wir solche bei den drei letzten Spermogonientypen zur Genüge kennen lernten und denen *Zopf* die Sterigmennatur abspricht. Es handelt sich im Grunde genommen also nur um eine verschiedenartige Definition des Wortes Sterigma, wobei *Zopf* die Grenzen etwas enger zieht, als ich es in vorliegender Arbeit gethan habe.

[3]) *Brefeld,* Schimmelpilze, Heft IV, pag. 123 und 124 mit Tab. X, Fig. 6—10.

[4]) *Nova Acta,* Band 38, pag. 450 und flgd. mit Tab. 28 und 29.

[5]) Botan. Zeitung 1886, pag. 875—876 mit Tab. VII.

[6]) *Bauke* l. c. pag. 468.

[7]) *Bauke* l. c. pag. 472.

Der dritte Typus der Spermogonienentwicklung wird von *Zopf* als Knäuelfrucht bezeichnet. Diese konnten bis jetzt nur für zwei Pilze nachgewiesen werden; nämlich von *Eidam* für die Conidienfrucht eines nicht näher bestimmten Pilzes auf Lupinenstengeln (l. c. pag. 139) und von *Bauke* für Diploidia mamillana *Fuckel.* (l. c. Band 38, pag. 476 und 477 mit Tab. VI, Fig. 1—10). Letztgenannter Autor schildert die Entwicklung der Knäuelfrucht folgendermaßen:

«Die Entwicklung der Pyknide hebt damit an, daß eine oder mehrere Hyphen eine oder mehrere andere schraubenförmig umschlingen. Die relative Dicke und Lage der umschlungenen, sowie der umschlingenden Fäden, sowie die Anzahl und die Höhe der einzelnen Schraubenwindungen variiert dabei ins unbegrenzte. Die bei der Bildung des so entstandenen Knäuels beteiligten Hyphen verzweigen sich hierauf unregelmäßig und reichlich; die neuen Zweige können wiederum einen anderen Faden spiralig umwinden. Dadurch, daß nun zu gleicher Zeit von allen Seiten neue Hyphen hinzutreten, die Verzweigung rasch zunimmt und die Fäden des Knäuels fest miteinander verwachsen, wird der letztere immer dichter und umfangreicher und gestaltet sich allmälig zu einem pseudoparenchymatischen Zellenkörper mit scharfem, rundem Umriß, welcher immer von einem Gewirr von Hyphen rings umgeben ist.

Der so entstandene Zellenkörper zeigt sogleich ein lebhaftes Wachstum; dabei füllen sich die Zellen desselben mit Öltropfen an und es grenzt sich in ihm eine nicht sehr breite, gebräunte Rindenschicht von der inneren farblosen Gewebemasse ab. Gleichzeitig nimmt die ihn umgebende Hülle eine charakteristische Beschaffenheit an: statt des anfangs vorhandenen Hyphengewirres strahlen jetzt von allen Punkten der Oberfläche des Körpers starre Hyphen aus, welche den Durchmesser des letzteren an Länge mehrfach übertreffen und mit der Zeit die grünlichgraue Farbe des Mycels annehmen, während sie zuerst in auffallendem Lichte schneeweiß erscheinen. —

Noch ehe der erwähnte Zellenkörper seine definitive Größe erlangt hat, zeigen sich in ihm an beliebigen Stellen Bündel von Hyphen, welche ein relativ sehr geringes Lumen und gallertartig verdickte Wände besitzen, und meist parallel nebeneinander herlaufen. Diese Hyphen sind, wie es nicht anders möglich ist, durch Auszweigung aus einzelnen Zellen des pseudoparenchymatischen Gewebes hervorgegangen.

Inmitten der Stränge entstehen darauf durch Auseinanderweichen ihrer Hyphen unregelmäßige Lücken, in welchen alsbald die Abschnürung der zweizelligen Stylosporen beginnt. Gleichzeitig damit

nehmen die Hyphenstränge parenchymatische Struktur an, sodaß der unmittelbar an die Lücken grenzende Teil des Gewebes der Pyknide sich fortan nur noch durch die Kleinheit seiner Zellen von dem übrigen Gewebe unterscheidet. Die Höhlungen im Innern erweitern sich darauf mehr und mehr, indem zugleich immer neue Sterigmen aus den Zellen der Innenwände hervorsprossen; sie erreichen indes dabei relativ keine so bedeutende Größe wie bei den einfachen Pykniden, sondern in völlig reifem Zustande ist die Dicke der Außenwand sowohl, wie des zwischen den einzelnen Höhlungen befindlichen Gewebes immer noch eine sehr beträchtliche. Die Anzahl und Anordnung der Höhlungen ist sehr variabel; in der Regel sind dieselben um eine in der Mitte der Pyknide stehen gebliebene Gewebepartie wie um eine Columella gruppiert.» —

Die bisher angeführten entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen von *Zopf*, *Bauke*, *Brefeld*, *Eidam* und *von Tavel* sind ausnahmslos mit Hülfe von Kulturmethoden angestellt worden.

Es ist daher auch möglich gewesen, bei den geprüften Objekten den Beginn der Entwicklung eines Spermogoniums an einem einzelnen Hyphenfaden aufzufinden und bis zur Bildung eines festen Gewebekomplexes weiter zu verfolgen. Ganz anders jedoch liegen die Verhältnisse bei den Flechtenspermogonien, die stets auf Thallusquerschnitten untersucht sein müssen. Die Entwicklung eines Spermogoniums von einer einzelnen Hyphe ausgehend, im Thallus zu beobachten, ist ganz unmöglich. Das erste wahrnehmbare Entwicklungsstadium ist stets verhältnismäßig alt und bildet — wie wir sahen — ein ziemlich gleichmäßiges Gewebe innerhalb der Algenregion. Somit können die Flechtenspermogonien mit Hinsicht auf ihre Entwicklung den von *Zopf* aufgestellten Typen der Pilzspermogonien bis jetzt noch nicht mit Sicherheit eingereiht werden. Aber aller Wahrscheinlichkeit nach werden die meisten Flechtenspermogonien dem Typus der Knäuelfrucht angehören. Für diese Annahme können drei indirekte Beweise geltend gemacht werden: 1) Sind die Zellchen der Spermogonienanlage, wie wir sahen, stets ziemlich dickwandig und regellos angeordnet. Hätten wir es mit einer Gewebefrucht zu thun, so müßte das Primordium ein meristematisches Gewebe dünnwandiger Zellen vorstellen[1]). Und hätten wir es mit einer Hyphenfrucht zu thun, so müßten die Zellchen des Primordiums in verti-

[1]) Von allen Spermogonienanlagen, die mir zu Gesichte kamen, stellt nur diejenige von Endocarpon rivulorum ein dünnwandiges Gewebe vor.

kalen Reihen angeordnet sein. 2) Spricht für die Knäuelfrucht das gelegentliche Vorhandensein von kleinen Intercellularen zwischen den Zellen der Spermogonienanlage, so bei Parmelia Acetabulum (Tafel II, Fig. 20). Und 3) spricht für die Knäuelfrucht eine von *Möller* ausgeführte entwicklungsgeschichtliche Untersuchung künstlich gezüchteter Spermogonien des Flechtenpilzes von Calicium parietinum, bei welchem *Möller* im Lauf der Entwicklung eine Verflechtung von Pilzhyphen beobachtet hat. Leider hat genannter Autor die allerfrühesten Entwicklungszustände nicht in hinreichendem Maße berücksichtigt, weshalb die in Rede stehende Frage auch noch nicht als gelöst betrachtet werden kann. Da jedoch diese *Möller*'sche Untersuchung die einzige bis jetzt vorliegende Beobachtung in kultureller Hinsicht ist, so wird es nicht unwichtig sein, *Möllers* Resultate mit seinen eigenen Worten wiederzugeben; auf pag. 43 heißt es:

«Da ich Objektträgerkulturen mit 30, 40 und mehr Pykniden erzog, so ließ sich auf Querschnitten derselben die Entwicklung der Fruchtkörper verfolgen. Dieselbe beginnt im Innern des Thallus, wie es scheint, an beliebigen Stellen mit einer kugeligen, engeren Verflechtung von Fäden, welche etwas feiner als die umgebenden Hyphen und schwach gelblich gefärbt sind. In diesem Knäuel bemerkt man sehr bald die central gerichteten, den ganzen Inhalt zunächst ausfüllenden, pallisadenartig angeordneten Sterigmen, welche von den peripherischen Fäden aussprossen. Dieselben sind etwa 20—30 μ lang, sehr fein und fast farblos, jedenfalls viel heller als die sie umgebende Hyphenzone. Sobald die Sterigmen gebildet sind, beginnt auch an ihrer fein ausgezogenen Spitze die Abschnürung der Conidien. Diese finden sich in den noch ganz jungen Fruchtkörperanlagen, welche noch ziemlich tief im Thallus liegen, bereits fertig gebildet vor. Durch das Wachstum der peripherischen Hyphen, welche allmälig zu einem pseudoparenchymatischen Gewebe zusammengetreten sind und nach innen zwischen die schon vorhandenen Sterigmen dauernd neue eintreten lassen, vergrößert sich der Umfang des Fruchtkörpers. Da die Sterigmen nicht länger werden, so würde im Innern ein hohler Raum entstehen, wenn nicht andauernd mit der Vergrößerung die Conidienabschnürung Hand in Hand ginge. Das Innere der Pyknide ist stets mit Conidien dicht erfüllt, und da diese in der Masse schwarz gefärbt sind, so erscheint die ganze Pyknidenfrucht so, obwohl ihre peripherischen Zellen nur dunkelbraun aussehen und die Sterigmen innerhalb derselben und außerhalb der schwarzen Conidienmasse noch eine hellere Zone bilden. Je mehr die Pyknide wächst, um so mehr

drängt sie die nach dem oberen Thallusrand zu gelegenen Hyphen auseinander. Zerrissene Reste derselben sieht man der reifen Pyknide immer aufsitzen. Die Kugelgestalt derselben bleibt meist erhalten, und erst in dem letzten Stadium der Entwicklung wird der sehr kurze Hals mit dem Mündungskanal gebildet.»

b. Die Spermatien.

Die Form der Spermatien

ist ziemlich variabel. Man kann kugelige, elliptische, längliche, cylindrische, spindelförmige, keulige und bisquitförmige Spermatien unterscheiden.

Die kugeligen Spermatien scheinen sehr selten zu sein. *Wainio* beobachtete solche (neben elliptischen) bei Pyrenopsis caracassensis *Wain.*, einer kleinen brasilianischen Collemacee. — Die von *Lindsay* für manche Flechten angegebenen und abgebildeten kugeligen Spermatien (Stylosporen) bedürfen erst noch weiterer Bestätigung.

Elliptische und eiförmige Spermatien sind etwa $1^1/_2$mal so lang als breit und ziemlich selten; sie finden sich bei: Anaptychia comosa *Trév.*, Peltigera canina *Hoff.* (*Tulasne* Tab. IX, Fig. 10 und 15), P. polydactyla *Hoff.* (l. c. Fig. 16 und 17), Candelaria concolor *Dicks.* (c in Fig. 19b), Placodium lobulatum *Mudd.*, Bilimbia trisepta *Naeg.*, Calicium salicinum *Pers.*, Arthopyrenia marinula *Wedd.*, Lichina pygmaea *Ag.* (*Tulasne* Tab. IX, Fig. 6), L. confinis *Ag.* (l. c. Tab. X., Fig. 15), Gonionema velutinum *Nyl.*, Ephebe pubescens *E. Fr.* Synalissa symphorea *Nyl.* und Collema chalazanum *Ach.*

Die länglichen Spermatien sind etwa 3—4mal so lang als breit mit meist abgerundeten Polen. Sie sind etwas weiter verbreitet als die eiförmigen und elliptischen und finden sich bei: Sphaerophorus, Ramalina scopulorum *Rek* (Fig. 20), R. usneoides *Fr.*, Peltigera rufescens *Hoff.* (Fig. 13 a, b), Xanthoria parietina *Fr.* (Fig. 47 a), bei Anaptychia ciliaris *Kbr.* und vielen Physcia-Arten, worunter Ph. decipiens *Arn.*, endococcina *Kbr.*, elegans *Lk.* und murorum *Hoff.*; bei Placochium (= Ricasolia) candicans *Mass.*, Endopyrenium rufescens *Kbr.*, Callopisma vitellinum, Lecanactis abietina (Fig. 14c). Schließlich noch bei mehreren Arten von Biatorina, Calicium, Coniocybe und nur vereinzelt in wenigen anderen Gattungen.

Die cylindrischen Spermatien sind im einfachsten Fall drei- bis siebenmal so lang als breit und gerade; die Verbreitung dieser Form ist eine so allgemeine, daß sie nur in groben Zügen charakterisiert werden kann. So bei den meisten Ramalina-Arten, bei Tham-

nolia, Stereocaulon und Cladonia, deren Spermatien oft schwach gekrümmt sind, ferner bei Sticta (z. B. pulmonacea Fig. 41), bei Parmelia, Nephromium, Placodium alphoplacum, Pannaria, Psora (z. B. decipiens Fig. 44, testacea Fig. 16b). Schließlich gehören noch hierher mehrere Arten von Biatora, Calicium, Arthopyrenia, Arthonia, Sagedia, Callopisma, Blastenia und Buellia, denen ebenfalls kurz cylindrische, gerade Spermatien zukommen.

Die geraden cylindrischen Spermatien erreichen nicht selten eine bedeutende Länge und werden dann 10—25 mal so lang als breit; solche Spermatien pflegt man in der Systematik als nadel- oder stabförmig zu bezeichnen. Sie haben ihre Hauptverbreitung bei Krustenflechten und sind selten bei strauchigen oder blattartigen Formen. Es gehören hierher: Usnea longissima, Chlorea vulpina *Nyl.*, Parmelia exasperata *Nyl.* und P. adglutinata *Flk.*, Combea mollusca (Fig. 50a), bei der ebenso wie noch bei manchen anderen Arten neben geraden auch oft gekrümmte Spermatien vorkommen. Ferner finden sich stabförmige Spermatien häufig bei Pertusaria, Lecidea, Lecanora und Aspicilia; und nur vereinzelt treten sie auf bei Biatora, Bilimbia, Diplotomma, Catocarpus, Opegrapha und Arthopyrenia.

Die stabförmigen Spermatien sind häufig verschiedenartig gekrümmt, bald mehr oder weniger bogenförmig, hufeisenförmig, S-förmig oder unregelmäßig «wurmförmig». Diese eigentümlichen Spermatien sind für eine größere Anzahl Flechten konstant und von systematischer Bedeutung. Bei Flechten mit strauchigem und blattartigem Thallus sind sie sehr selten; allgemein verbreitet dagegen bei krustigen Formen; so bei: Physcia carassensis *Wain.* und Ph. Syncolla *Tuck.* (n. *Wainio*), bei mehreren Roccellaarten (z. B. tinctoria, Fig. 30b), Dufourea madreporiformis *Ach.*, Parmeliopsis, Thalloëdema (coeruleonigricans, Fig. 29b, candium, Fig. 28b), bei vielen Placodien (Pl. gypsaceum, Fig. 26b, Lagascae, Fig. 27a, chrysoleucum, Fig. 31b), bei sehr vielen Lecanoraarten (z. B. subfusca) und Lecideaarten, bei Pyrenula (nitida, Fig. 25b), Bacidia, Sphinctrina (turbinata *Fr.* und anglica *Nyl.*), Spilonema nigrum *Born.*, Chiodecton myrticola *Fée.*; seltener dagegen treten diese Spermatien bei Arthonia, Opegrapha, Biatorina, Biatora und Aspicilia auf.

Die spindelförmigen Spermatien laufen entweder nach beiden Polen hin allmälig in eine Spitze aus oder erscheinen an den Enden noch etwas stabförmig ausgezogen. Ersteres gilt für Parmelia aspidota (Fig. 50b) und P. tiliacea. Letzteres für Usnea barbata, U. angulata *Ach.* und Chlorea vulpina *Nyl.* (*Nyl.*, Syn., Tab. VIII, Fig. 7,

8c und d; Fig. 11; Fig. 13c). Die spindeligen Spermatien scheinen bisher vielfach verkannt worden zu sein und dürften auch noch anderweitig vorkommen.

Die keuligen Spermatien besitzen ihre dickste Stelle an dem einen Pol, um nach dem anderen zu allmälig in eine Spitze auszulaufen. Ihre Verbreitung ist, soweit bis jetzt bekannt, eine sehr geringe. Sie finden sich bei:

Usnea angulata *Ach.* (nach *Weinio*).
» florida *Ach.* (*Crombie*, pag. 201, Fig. 40f.).
Alectoria tristis (hier mitunter neben hantelförmigen).
Neuropogon melaxanthus *Ach.* (*Nyl.*, Syn., Tab. I, Fig. 26).
Parmelia conspersa (hier mitunter neben hantelförmigen, Fig. 35e).
Platysma juniperinum *Nyl.* (*Nyl.*, Syn., Tab. VIII, Fig. 34b).
» glaucum *Nyl.* (l. c., Fig. 35b).
Biatora rubicola *Cr.* (nach *Arnold*).
Bilimbia leucoblephara *Ehrh.* (nach *Arnold*).

Bei genannten Arten von Parmelia und Usnea ist die keulige Anschwellung oft mehr citronenartig.

Bisquitförmige Spermatien sind in der Mitte entweder nur seicht eingeschnürt oder tief, sodaß beide Pole citronenförmig angeschwollen erscheinen. Ersteres gilt für Parmelia stygia (Fig. 36c) und Platysma Fahlunense (Fig. 50c).

Jedenfalls gehören auch noch folgende Flechten hierher, soviel aus *Wainio*, *Crombie* und *Nylander* ersichtlich ist:

Parmelia Brasiliensis *Nyl.*
» gracilescens *Wain.*
» gracilis *Müll.*
» flava *Kremphb.*
» Dregeana *Hmp.*
» prolixa *Ach.*
Nephroma articum *Nyl.*
Nephromium laevigatum *(Ach.) Nyl.*
Platysma nivale *Nyl.*
» cucullatum *Nyl.*
Theloschistes acromela *Wain.*
Icmadophila aeruginosa *Scop.*
Schizoma lichinodeum *Nyl.*
Leptogium saturninum *Th. Fr.*
Collema myriococcum *Ach.*
Spilonema paradoxum *Born.*

Spermatien, die in der Mitte tiefer eingeschnürt sind, mit citronenförmig angeschwollenen Polen finden sich bei:

Alectoria tristis (Fig. 35 e).
» jubata *Ach.* (*Nyl.*, Syn., Tab. VIII, Fig. 18 d).
» ochroleuca *Nyl.*
Parmelia conspersa *Ach.*
» hottentotta *Ach.* (Fig. 50 d).
» encausta *Nyl.*
Pseudopyrenula ochroleuca *Eschw.* var. effusa *Müll. Arg.*

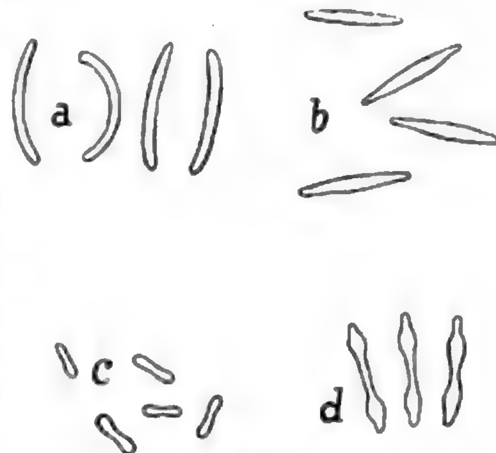


Fig. 50. a) gekrümmte Spermatien von Combea mollusca; b) spindelförmige Spermatien von Parmelia aspidota *Ach.*; c) bisquitförmige Spermatien mit seichter medianer Einschnürung von Platysma Fahlunense *Ach.*; d) bisquitförmige Spermatien von Parmelia hottentotta mit tiefer medianer Einschnürung. a und c sind 910 mal vergrößert, b ist 1200 mal vergrößert und d ist 1000 mal vergrößert.

Fig. 50.

Die Größe der Spermatien.

Die Breite der Spermatien beträgt in der Regel 0,5—1 μ, seltener bis zu 2 μ. Eine Ausnahme machen nur diejenigen von Peltigera und Lecanactis abietina, die bis 5 μ dick werden. Ja die von Peltigera canina erreichen nach *Tulasnes* Angabe sogar eine Dicke von 6,5—11,2 μ.

Die Länge der Spermatien ist viel variabler als ihre Breite und bewegt sich zwischen 2 und 39 μ.

Eine sehr geringe Länge besitzen die kugeligen, elliptischen und eiförmigen Spermatien, die nur 2—3 μ lang werden; auch die länglichen Spermatien werden nur 3—4 μ lang. Die kugeligen, elliptischen, eiförmigen und länglichen Spermatien gehören somit zu den kleinsten Spermatien, von denen nur die von Peltigera und Lecanactis abietina eine Ausnahme machen, welche eine Länge von 5—22 μ erreichen.

Eine Länge von 3—7 μ besitzen die kurzcylindrischen Spermatien, und eine solche von 7—18 μ die langcylindrischen, stab- und nadelförmigen.

Eine Länge von 12—25 μ erreichen die cylindrischen, gekrümmten Spermatien, welche die längsten sind. Diese Grenze wird nur von we-

nigen noch überschritten; so werden die Spermatien von Lecanora atyrea *Ny.*, L. intumescens *Körb.*, L. gangaleoides *Körb.*, L. atrinea *Ach.* und Parmeliopsis aleurites 20—30 μ lang; die von Sagedia laevata *Ach.* 20 bis 32 μ; die von Parmeliopsis hyperopta 30—34 μ; die von Lecania rimularum *Wedd.* 20—35 μ; die von Bacidia innudata *Fr.* 21—36 μ; die von Bacidia Arnoldiana *Kbr.* 30,5—36 μ und endlich die von Placodium crassum *Hds.* 31,5—39 μ.

Eine größere Anzahl von Spermatien wurde von mir selbst gemessen; und es mögen diese Messungen hier angeführt werden, da sie für den Systematiker nicht unwichtig sind, im übrigen aber kein besonderes Interesse beanspruchen können. Die Größenverhältnisse gebe ich auch hier der Kürze wegen in Gestalt von Brüchen an. Der Zähler drückt die Länge und der Nenner die Breite in Mikra aus[1]).

Die Spermatiengröße beträgt bei:

Candelaria concolor $\frac{2,5\ \mu.}{0,7\ \mu.}$

Lichina pigmaea $\frac{1,4\ \mu.}{0,7\ \mu.}$

Anaptychia ciliaris $\frac{2,8-3,5\ \mu.}{0,8-1\ \mu.}$

Physcia murorum $\frac{4,2\ \mu.}{1,5-3,5\ \mu.}$

Placodium candicans $\frac{2,8-3\ \mu.}{0,8\ \mu.}$

Endopyrenium rufescens $\frac{3\ \mu.}{1\ \mu.}$

Callopisma vitellinum $\frac{4,2\ \mu.}{2\ \mu.}$

Lecanactis abietina $\frac{12,5-19,4\ \mu.}{2-3,6\ \mu.}$

Physcia stellaris $\frac{3,5-5\ \mu.}{0,7-1\ \mu.}$

Nephromium laevigatum $\frac{4,2-5,6\ \mu.}{2,5\ \mu.}$

Placodium alphoplacum $\frac{5,6-7\ \mu.}{0,8\ \mu.}$

Psora decipiens $\frac{4,2-4,9\ \mu.}{0,5-1\ \mu.}$

Psora lurida $\frac{4,2-6\ \mu.}{1,5\ \mu.}$

Parmelia conspersa $\frac{7-8\ \mu.}{1\ \mu.}$

---

[1]) Bei dieser Aufzählung sind die Messungen so angeordnet, daß die kürzesten Spermatien an den Anfang und die größten an das Ende zu stehen kommen.

Roccella tinctora $\frac{10,8-14\ \mu.}{2,2-2,5\ \mu.}$

Thalloëdema coeruleo-nigricans $\frac{12,6-16,8\ \mu.}{0,7-1\ \mu.}$

Thalloëdema candidum $\frac{12-17\ \mu.}{1\ \mu.}$

Placodium gypsaceum $\frac{14-18,2\ \mu.}{0,7-1,4\ \mu.}$

Placodium Lagascae $\frac{15,4-21\ \mu.}{0,4-0,7\ \mu.}$

Lecanora subfusca var. allophana $\frac{10,8-24\ \mu.}{2,2-2,5\ \mu.}$

Auf die Entstehung der Spermatien bin ich bei den Typen des Basidienapparates bereits so genau eingegangen, daß es jetzt nur noch darauf ankommt, das dort Gesagte zusammenzufassen. Die Entstehung der Spermatien erfolgt stets an der Spitze der Sterigmen; entweder durch einfache Abgliederung oder durch Sprossung. Bei der Abgliederung wird die Conidienentwicklung eingeleitet durch die Bildung einer zarten Querwand, an welcher die Lostrennung der künftigen Conidien erfolgt. Bei der Sprossung dagegen beginnt die Conidienentwicklung entweder mit einer kleinen keuligen Anschwellung des Sterigmaendes oder mit einer sackartigen Ausstülpung an der Spitze des letzteren. Dieses gilt z. B. für den Sticta-, Physcia- und Endocarpon-Typus; jenes dagegen für den Placodien-Typus, während wir als Beispiel für die typische Conidienabgliederung Peltigera kennen lernten.

Die Zahl der Conidien, welche je ein Sterigma zu erzeugen vermag, ist stets eine größere. Dafür spricht einmal der Umstand, daß ich öfters an ein und demselben Sterigma mehrere Spermatien hintereinander anhaften sah (je 2 z. B. bei Alectoria tristis und Sticta pulmonacea; je 2—6 bei Parmelia hottentotta). Ferner aber darf aus den großen Spermatienmengen, wie sie z. B. bei allen Stictaarten zu finden sind, geschlossen werden, daß jedes Sterigma mehrere Spermatien zu erzeugen imstande ist. — Spermogonien, welche kleine Spermatien erzeugen, sind im Reifezustand mit mindestens 6—10mal soviel Conidien angefüllt als solche, welche große Spermatien erzeugen (Peltigera, Lecanactis).

Die Spermatien sind sehr häufig in größere, oft ziemlich zähe, farblose Schleimmassen eingebettet, die sich aber stets durch Alkalien leicht auflösen lassen. Diese Schleimmassen sind für die Entleerung der Spermatien in biologischer Hinsicht von Bedeutung, da sie durch ihre starke Quellbarkeit die Spermatien leicht zum Austritt veran-

lassen, wenn die Flechte durch Thau und Regen benetzt wird. Die Herkunft des Schleimes dürfte zurückzuführen sein auf verquellbare Membralamellen, die den Conidien erzeugenden Elementen oder den Conidien selbst angehören.

Die Keimfähigkeit der Spermatien. Der erste, welcher die Flechtenspermatien in künstlichen Nährlösungen zur Auskeimung brachte, war bekanntlich *A. Möller*. Und zwar waren es folgende Flechten, die bei den experimentellen Untersuchungen des genannten Autors in Verwendung kamen:

Buellia punctiformis *Hoff.* (Spermatiengröße $\frac{8—10\ \mu}{3\ \mu}$);

Opegrapha subsiderella *Nyl.* (Spermatiengröße $\frac{5-7\ \mu}{1,5\ \mu}$);

» atra *Pers.* (Spermatiengröße $\frac{5—6\ \mu}{1,5\ \mu}$);

Calicium parietinum *Ach.* (Spermatiengröße $\frac{4—5\ \mu}{2—2,5\ \mu}$);

» trachelinum *Ach.* (mit zweierlei Spermatienformen; elliptische $\frac{2,5—3\ \mu}{1,5—2\ \mu}$ und cylindrische $\frac{5—7\ \mu}{1,5—2\ \mu}$);

» curtum *Turn.* et *Borr.* (Spermatiengröße $\frac{7\ \mu}{1\ \mu}$).

Die Auskeimung der Conidien wurde von *Möller* in Objektträgerkulturen Schritt für Schritt verfolgt. Dabei begannen die Conidien in den ersten Tagen um das Mehrfache ihres ursprünglichen Volumens anzuschwellen. Sodann zeigte sich durch Ausstülpung des Endospors an beiden Polenden der Conidie je ein Keimschlauch (mitunter entstanden auch 3—4 an je einer Conidie). Durch Verzweigung der Keimschläuche entstanden so aus einer Conidie in mehreren Monaten kleine, runde Mycelien von 2 mm im Durchmesser. Mit Hülfe von Massenaussaat der Conidien gelang es sogar, bei Calicium parietinum und trachelinum größere Mycelien zu erzielen, welche Spermogonien erzeugten.

Die Spermatien dieser letzteren waren von den ausgesäeten nicht verschieden. Die zwei Spermatienformen von Calicium trachelinum, die elliptischen und die cylindrischen, erzeugten jedoch auf den aus ihnen erhaltenen Mycelien immer nur ein und dieselbe Spermogonienform mit elliptischen Spermatien. Dadurch war die Zugehörigkeit beider Spermogonienformen zum nämlichen Flechtenthallus, dem sie aufsaßen, experimentell bewiesen. Die Auskeimung der Sperma-

tien in künstlicher Nährlösung wurde bei Buellia punctiformis wiederholt beobachtet von *Istwanffi*, der durch Anwendung von Haematoxylin nachweisen konnte, daß die Zellbildung und Verzweigung des Mycels stets «beherrscht und eingeleitet wurde von Zellkernen» (pag. 459, Tab. XXXVI, Fig. 31). Ähnliches gilt von den Spermatien einiger anderer Flechten, mit denen *Istwanffi* experimentierte, ohne jedoch speciellere Angaben über dieselben gemacht zu haben.

Gelegentlich können die Spermatien schon innerhalb der Spermogonien zur Auskeimung gelangen. Solches beobachtete *Wainio* bei Peltigera leptoderma *Nyl.* (Brasilien, pag. 182) und *Möller* bei den künstlich gezüchteten Spermogonien von Calicium trachelinum, deren Spermatien sich wenigstens durch Volumvergrößerung zur Auskeimung anschickten (pag. 46).

Das Innere der meisten Spermatien ist von einer homogenen, gleichmäßigen Protoplasmamasse erfüllt, in der nur selten winzige Körnchen wahrzunehmen sind. Nur in den großen, breiten Conidienformen von Peltigera und Lecanactis trifft man in der Regel mehrere verschieden große, stark lichtbrechende Öltröpfchen an (Fig. 13 und 14c).

Das Vorhandensein eines Zellkernes in Spermatien ist von *Möller* (pag. 39) und von *Istwanffi* (pag. 459) nur für wenige Flechten nachgewiesen, deren Spermatien mit Osmiumsäure fixiert und mit Haematoxylin gefärbt waren; so bei:

Buellia punctiformis *Hoff.*
Opegrapha subsiderella *Nyl.*
» atra *Pers.*
Calicium parietinum *Ach.*
» trachelinum *Ach.*
Pertusaria communis *DC.*
Arthonia communis[1]).
Mallotium Hildenbrandii *Kbr.*
Collema microphyllum *Ach.*
» pulposum *Ach.*

c. Die Spermogonienhöhlung.

Die Flechtenspermogonien besitzen zur Aufnahme der Spermatien entweder eine einzige centrale Höhlung oder viele, die bald mehr,

[1]) Nach brieflicher Mitteilung von Dr. *F. Arnold* in München existiert eine Flechte unter diesem Namen überhaupt nicht. *Istwanffi* hat jedenfalls A. astroidea *Ach.* vor sich gehabt.

bald weniger kompliziert gebaut sein können. Diejenigen des Sticta-, Physcia- und Endocarpon-Typus haben wir bereits kennen gelernt bei Behandlung des Basidienapparates. Es erübrigt nun noch, die einfache, centrale Spermogonienhöhlung etwas näher ins Auge zu fassen, wie sie den fünf übrigen Typen, dem Peltigera-, Psora-, Cladonia-, Placodien- und Parmelia-Typus, eigen ist.

Bei diesen Spermogonientypen schließt der Basidienapparat entweder eine einkammerige, ziemlich isodiametrisch gebaute Höhlung ein oder eine gekammerte von oft sehr unregelmäßiger Gestalt.

Die einkammerige, isodiametrische Höhlung ist weitaus die häufigste. In Übereinstimmung mit der äußeren Form des ganzen Spermogoniums kann sie sein kugelig (z. B. bei Alectoria tristis Tab. II, Fig. 3), birnförmig (Aspicilia cinerea nach *Tulasne*, Tab. III, Fig. 7; U. scruposa *Ach.* nach *Tulasne*, Tab. IV, Fig. 13), eiförmig oder elliptisch, welche Formen allgemein verbreitet sind (z. B. bei Parmelia Acetabulum, Tab. II, Fig. 24, Placodium chrysoleucum und Opegrapha vulgata).

Die jeweilige Gestalt der Spermogonienhöhlung ist selbstverständlich keineswegs konstant für ein und dieselbe Spezies. So z. B. ist bei Pyrenula nitida die Höhlung der Spermogonien eine sehr polymorphe, ganz in Übereinstimmung mit der äußeren Gestalt dieser Spermogonien.

Entsprechend der einkammerigen, isodiametrischen Spermogonienhöhlung bei Flechten findet sich dieselbe auch bei echten Askomyceten weit verbreitet. Und es sind in *Tulasnes* Carpologia Fungorum eine Anzahl diesbezüglicher guter Abbildungen zu finden[1]).

Die mehrkammerige Spermogonienhöhlung setzt sich aus mehreren miteinander kommunizierenden Kammern zusammen und kann hinsichtlich ihrer Entstehung auf die einkammerige zurückgeführt werden. Da man nicht selten Spermogonien mit einkammeriger und solche mit mehrkammeriger Höhlung an ein und demselben Individuum antrifft, so kann hieraus geschlossen werden, daß die letz-

---

[1]) Eine kugelige Höhlung haben:
Massaria rhodostoma *Alb.* et *Schw.* (l. c., II, Tab. XIV, Fig. 2).
» loricata *Tul.* (l. c., Tab. XXVI, Fig. 2).
Sphaeria obducens *Fr.* (l. c., Tab. XXVIII, Fig. 8).
Eine längliche oder birnförmige Höhlung besitzen:
Chlorosplenium aeruginosum *De Not.* (l. c., III, Tab. XX, Fig. 18).
Dothidea melanops *Tul.* (l. c., II, Tab. X, Fig. 6).
Polystigma rubrum *Pers.* (l. c., Tab. VIII, Fig 11).
Cucurbitaria Laburni *Pers.* (die Mikroconidienfrucht) (l. c., Tab. XXVII, Fig. 9).

teren aus den ersteren, als den einfacher gebauten, durch Umbildung entstanden sind. Dabei hat stets eine Vergrößerung der ursprünglichen Hymenialfläche stattgefunden und es konnte vermehrte und fortgesetzte Spermatienproduktion erreicht werden. Die Vergrößerung der Hymenialfläche kann auf doppelte Weise geschehen.

Im ersteren Fall wird das Hymenium faltenwurfartig an verschiedenen Stellen in die ursprünglich einkammerige Höhlung hineingeschoben; ein Prozeß, der mit der Neubildung von Conidienständen Hand in Hand geht, die sich zwischen die schon vorhandenen einschieben. Dabei können gleichzeitig zapfen- oder lamellenartige Gewebepolster von der Wandung her entstehen, um gleichsam als Füllmasse für die Falten des Hymeniums von außen her zu dienen. So bei Psora decipiens (Tab. III, Fig. 42—44), Placodium Lagascae[1]), Cladonia cariosa (*Krabbe*[2]), Tab. V, Fig. 5), Cl. digitata (l. c., Tab. V, Fig. 6), Cl. coccifera (l. c., Tab. V, Fig. 7), Cl. verticillata (l. c., Tab. V, Fig. 1) und Cl. papillaria (l. c., Tab. VIII, Fig. 8) mit mäßig gefalteten Hymenien und ferner bei Placodium alphoplacum (Tab. III, Fig. 45 und 46), P. melanaspis und Lichina pygmaea (Tab. III, Fig. 47 und 48) mit meist stark gefalteten Hymenien und labyrinthartigen Höhlungen.

Bei Parmelia encausta und Thalloëdema coeruleo-nigricans, die in der Regel ein nicht gefaltetes Hymenium besitzen, fand ich ausnahmsweise je eine kegelförmige Hymenialfalte in dem Spermogonium vor; und ebenso traf ich bei Lecanora subfusca var. allophana gelegentlich 1—3 höckerförmige Hymenialfalten an.

Der andere Weg, auf dem die Vergrößerung der Hymenialfläche zu stande kommt, ist die bruchsackartige Erweiterung der Höhle, die ebenfalls als Folge der Neubildung von Conidienständen zu betrachten ist. Bei diesem Prozeß wächst das Hymenium in Gestalt von kleinen Ausläufern in das Markgewebe hinein, sodaß mit der Volumzunahme der Höhlung gleichzeitig auch die äußere Gestalt

[1]) Spermogonien mit einkammeriger Höhlung habe ich zwar an meinen Exemplaren noch nicht beobachtet; doch werden sich solche an jüngeren Individuen, als mir vorlagen, gewiß noch auffinden lassen.

[2]) Hinsichtlich der Entstehung derartiger Spermogonien teilt *Krabbe* auf pag. 102 und 103 Folgendes mit: «Die Hymenien sind vielmehr gyrösfaltig, mit wallartigen Erhöhungen und entsprechenden Vertiefungen versehen, deren räumliche Anordnung nicht immer leicht festzustellen ist. In den Anfangsstadien der Sterigmenbildung sind die Wände stets eben; die faltige Struktur kommt erst später dadurch zu stande, daß die Sterigmen tragende Wand lokale, wallartige Vorwölbungen bildet.»

des Früchtchens entsprechend verändert wird; so z. B. bei Stereocaulon incrustatum (Tab. II, Fig. 18).

Ein Gleiches gilt jedenfalls auch für die mehrkammerigen Spermogonien folgender Flechten, von denen Abbildungen vorliegen:

Usnea barbata *Fr.* (*Linds.* I, Tab. IV, Fig. 6).
Ramalina fraxinea *Fr.* (l. c., Tab. V, Fig. 8 und 10).
Stereocaulon ramulosum *Sw.* (l. c., Tab. VI, Fig. 30).
Diplotomma albo-atrum *Hoff.* (*Linds.* II, Tab. XI, Fig. 26).
Ochrolechia pallescens var. parella *Ach.* (l. c., Tab. VIII, Fig. 1 a).
Callopisma cerinum *Kbr.* (l. c., Tab. IX, Fig. 35 a).
Pertusaria globulifera *Turn.* (*Darbishire*, pag. 655, Fig. 31).
» communis (*Tulasne*, Tab. XI, Fig. 9).

Eine Art Mittelstellung zwischen den Spermogonien mit gefalteten und solchen mit ausgesackten Hymenien nehmen die Spermogonien von Psora testacea (Tab. II, Fig. 16 und 17) ein. Das Spermogon vergrößert zunächst sein Hymenium durch Faltenbildung, ohne seine äußere Gestalt zu verlieren (Tab. II, Fig. 16). Mit dem Älterwerden der Früchtchen aber findet, abgesehen von der immer noch fortgesetzten Faltenbildung des Hymeniums, auch noch bruchsackartige Ausbuchtung des letzteren statt, sodaß die Höhlung solcher Spermogonien labyrinthartig und gleichzeitig die äußere Gestalt sehr unregelmäßig wird.

Unter den echten Askomyceten sucht man nicht vergeblich nach Vertretern mit mehrkammeriger Spermogonienhöhlung, über deren Entstehung jedoch bis jetzt noch nichts näheres bekannt ist. So nach *Tulasnes* Carpologia bei:

Aglaospora profusa *De Not.* (l. c., II, Tab. XX, Fig. 4).
Dermatea Cerasi *Fr.* (l. c., III, Tab. XIX, Fig. 14).
Melogramma rubicosum *Fr.* (l. c., II, Tab. XI, Fig. 13).
Eutypa decipiens *DC.* (l. c., II, Tab. VIII, Fig. 1 und 2).
» flavovirens *Pers.* (l. c., II, Tab. VII, Fig. 3).
Valsa ceratophora *Tul.* (l. c., II, Tab. XXII, Fig. 6—8 und 10).
» nivea *Hoff.* (l. c., II, Tab. XXII, Fig. 12—14).
Nectria sinopica *Fr.* (l. c., III, Tab. XI, Fig. 3, 5, 8).
Cenangium Ulmi *Tul.* (l. c., III, Tab. XIX, Fig. 20 und 21).

d. Die Spermogonienwandung.

Die Wandung des Spermogoniums ist stets ein besonderes Gewebe, welches die Conidien erzeugenden Elemente nach außen rings

umschließt und zugleich auch die Basis für die letzteren bildet. Einer ganzen Reihe von Spermogonien scheint eine Wandung überhaupt zu fehlen. In Wirklichkeit ist sie jedoch vorhanden, und bildet dann eine, allerdings sehr unscheinbare, mindestens einschichtige Gewebslage, die aus länglichen, englumigen Zellen besteht; so bei Alectoria tristis, Physcia caesia, Ph. elegans, Ph. endococcina, Ph. murorum, Ph. tenella, Ph. decipiens, Ph. speciosa, Anaptychia ciliaris, Parmelia aipolia, Opegrapha vulgata, Pyrenula nitida u. a. Überall da jedoch, wo eine deutliche Wandung vorhanden ist, besteht sie mindestens aus 2—3 Zelllagen länglicher oder rundlicher, oft dickwandiger Zellen. So bei Lecanora subfusca var. allophana, Parmelia tiliacea und Placodium Lacascae.

Aus 3—4 Zelllagen besteht die Wandung von Placodium lentigerum, P. saxicolum, P. chrysoleucum, Physcia aquila, Parmelia Acetabulum, P. caperata, Gyrophora cylindrica, Endocarpon rivulorum und E. fluviatile.

Aus 4—5 Lagen kleiner, rundlicher, englumiger Zellen besteht die Wandung von Roccella tinctoria, Sticta herbacea (Tab. II, Fig. 12), St. amplissima, St. Wrigthii, St. pulmonacea und jedenfalls auch von Ramalina calicaris und Endopyrenium hepaticum, soviel aus *Tulasnes* Abbildungen hervorgeht.

Aus mehr als fünf Schichten bestehende Wände kommen nur noch den halbeingesenkten und freien Spermogonien zu, insbesondere denen von Cladonia[1]). Die Struktur solcher Wandungen und die Zahl ihrer Zelllagen ist an den reifen Früchtchen oft kaum mehr festzustellen, da die Wandungszellen schon frühzeitig dunkel und englumig werden, sodaß die ganze Wandung ein homogenes Aussehen bekommt. Letzteres gilt auch für die dicke, dunkle Spermogonienwand von Platysma Fahlunense (Tab. II, Fig. 15), Umbilicaria pustulata, Lecanactis abietina u. a.

Ein nachträgliches Wachstum gewisser Teile der Spermogonienwandung findet sich — wie wir bereits oben sahen — bei der Bildung der mehrkammerigen Spermogonien mit gefalteten Hymenien.

Die Dicke der Spermogonienwände bewegt sich in der Regel bei den drei- bis mehrschichtigen Wänden zwischen 12 und 25 μ. Insbesondere beträgt die Dicke der Wandung 12 μ bei Ramalina scopulorum und Sticta herbacea, 14 μ bei Roccella tinctoria, 14—17 μ

[1]) Vergleiche die Spermogonienlängsschnitte bei *Krabbe* auf Tab. V und VI.

bei Parmelia stygia, 15,6 μ bei Sticta pulmonacea[1]), 16,8 μ bei Sticta Wrightii, 5,6—19,6 μ bei Gyrophora cylindrica, 14—19,6 μ bei Umbilicaria pustulata, 20 μ bei Endocarpon fluviatile und Ramalina calicaris, 24 μ bei Sticta amplissima, 16,5—38,5 μ bei Platysma Fahlunense und ähnlich jedenfalls bei vielen Cladonien mit dicker Spermogonienwandung.

Die Farbe der Spermogonienwandung. Spermogonien, die ganz in den Thallus eingesenkt sind, haben der Mehrzahl nach farblose Wandungen, während die halbeingesenkten und freien Spermogonien meist gefärbte Wandungen besitzen und sich dadurch von dem übrigen Thallus deutlich abheben können.

Eine farblose Wandung besitzen z. B. die Spermogonien von Placodium saxicolum, P. chrysoleucum, Sticta pulmonacea, herbacea, Ramalina scopulorum etc. etc.

Eine graue oder grauliche Wandung besitzen die Spermogonien von Cladonia[2]) acuminata *Norrl.*, Cl. cariosa *Spreng.* und Cl. gracilescens *Wain.*

Eine strohgelbe oder gelbliche Wandung besitzen die Spermogonien von Cladonia bellidiflora *Schaer.* und Cl. flavescens *Wain.*; eine dottergelbe die von Placodium fulgens.

Eine rote Wandung besitzen die Spermogonien von Cladonia coccifera *Wlld.*, Cl. corallifera *Nyl.*, Cl. miniata *Meyer*, Cl. bacillaris *(Ach.) Nyl.*, Cl. deformis *Hoff.*, flavescens *Wain.*, Cl. hypoxanthoides *Wain.* und Cl. digitata *Hoff.*, bei denen jedoch die rote Farbe der Wandung in eine braunrote oder dunkelrote später übergehen kann.

Eine braune, bräunliche oder braunrote Wandung besitzen die Spermogonien von sehr vielen Cladonien.

Weitaus am verbreitetsten jedoch ist die braunschwarze Spermogonienwandung. So bei der Mehrzahl aller Cladonien, bei Cetraria islandica, Platysma Fahlunense, Psora lurida, Endopyrenium rufescens, Lecanactis abietina, Umbilicaria pustulata und Gyrophora cylindrica.

Bei Roccella tinctoria und Parmelia physodes tritt die braunschwarze Farbe der Wandung erst mit dem Älterwerden der Sper-

---

[1]) Nach Angabe von *Tulasne* mißt die Spermogonienwandung von Sticta pulmonacea 40 μ.

[2]) Hinsichtlich dieser und der folgenden Angaben von Cladonia folge ich ganz *Wainios* Cladonien-Monographie.

mogonien allmälig auf, ohne daß deren Spermatienproduktion erloschen zu sein braucht.

Bei den letztgenannten Arten mit braunschwarzer Spermogonienwandung, insbesondere bei Cladonien, Lecanactis, Umbilicaria u. a. ist diese letztere nicht selten auch intensiv schwarz gefärbt.

e. Die Spermogonienmündung oder das Ostiolum.

Die Flechtenspermogonien werden im Reifestadium in ihrem obersten Teil mit einer kleinen Öffnung versehen, dem Ostiolum, damit die Spermatien in Freiheit gesetzt werden können. Das Ostiolum entsteht durch Auseinanderweichen von toten, obliterierten Zellen, die entweder der Thallusrinde (bei eingesenkten Spermogonien) oder der Spermogonienrinde (bei halbeingesenkten und freien Spermogonien) angehören. Je nachdem dieser Prozeß vor sich geht, ist die Gestalt des Ostiolums eine verschiedene. Nur ausnahmsweise beobachtete ich, wie ein Stückchen der Thallusrinde durch einen ringförmigen oder halbringförmigen Spalt nach Art eines Deckels abgehoben wird; so bisweilen bei Sticta Wrightii und Umbilicaria pustulata.

Die Mündung der Flechtenspermogonien ist niemals lang vorgezogen wie bei manchen pilzlichen Conidienfrüchten, sodaß von einem Mündungskanal keine Rede mehr sein kann. Eine seltene Ausnahme macht Physma compactum *Kbr.*, von welcher *Stahl* einen solchen Mündungskanal beschreibt und abbildet. (Heft I, Tab. IV, Fig. 1.)

Jedes Spermogon besitzt — soweit meine Untersuchung reicht — immer nur je ein Ostiolum, während man bei Pilzen gelegentlich Spermogonien mit zwei bis drei Mündungen beobachtet hat[1]).

Ähnlich wie bei manchen Conidienfrüchten echter Pilze[2]) findet man auch gelegentlich bei Flechtenspermogonien sogenannte Mündungshyphen vor, sehr kurze, wenig oder einzellige Hyphenäste, welche nach dem Ostiolum zu konvergieren. Solches sah ich bei Roccella tinctoria, Placodium alphoplacum (Tab. III, Fig. 45) und bei Lecanora subfusca var. allophana. Ähnliches kommt vor bei Pertusaria globulifera (nach *Darbishire,* pag. 655).

---

[1]) Spermogonien mit zwei Mündungen beschreibt *Zopf* von Fumago (l. c., Tab. XIII, Fig. 7 und 8) und *Bauke* von Cucurbitaria elongata (l. c., Tab. XXVIII, Fig. 10). Drei Mündungen fand *Bauke* bei den Spermogonien eines nicht näher definierten Askomyceten (Tab. XXXI, Fig. 3).

[2]) Bei Diploidia nach *Bauke* und bei Pycnis sclerotivora nach *Brefeld* (l. c. Tab. X, Fig. 12.)

Die Gestalt des Ostiolums ist von oben betrachtet meist kreisrund oder rundlich und wird mitunter von einem kleinen Ring wallartig umsäumt. Ein rundes oder rundliches Ostiolum findet sich z. B. bei Cladonia Papillaria, Ramalina scopulorum, Evernia Trulla, Roccella tinctoria, Parmelia aipolia, Sticta linita, St. damaecornis, St. pulmonacea, Placodium chrysoleucum, Thalloëdema coeruleo-nigricans, Leprantha cinereo-pruinosa, Collema multifidum u. a. Ein von oben betrachtet längliches Ostiolum fand ich bei Candelaria concolor, Placodium gypsaceum, P. alphoplacum und Psora decipiens. Ein von oben gesehenes sternförmiges, aber doch ziemlich isodiometrisches Ostiolum fand ich bei Stereocaulon incrustatum, Sticta herbacea, St. Wrightii, Parmelia pulverulenta, P. conspersa, Xanthoria parietina und Gyrophora cylindrica. Das Ostiolum kann endlich aus einem oder mehreren sich kreuzenden, schmalen und gewundenen Spalten bestehen; so bei Anaptychia ciliaris, Physcia speciosa, Parmelia encausta, Umbilicaria pustulata und Psora lurida. Die Gestalt des Ostiolums ist — was sich wohl von selbst versteht — für keine der genannten Spezies ganz konstant.

Die Größe des Ostiolums bewegt sich zwischen 20 und 100 μ für die Mehrzahl aller Flechten. Hinsichtlich ihrer Größe ist die Spermogonienmündung ziemlich variabel; oft erweitert sie sich mit dem Älterwerden des Thallus durch Zerfall der oberen Wandungsteile, bis sie schließlich unverhältnismäßig groß und deformiert erscheint, wobei die Spermatienproduktion der betreffenden Früchtchen dem Erlöschen nahe ist.

Die nächste Umgebung der Spermogonienmündung ist in der Regel dunkler gefärbt als die übrige Thallus- ev. Spermogonienrinde. Infolgedessen erscheinen auch ganz eingesenkte Spermogonien äußerlich am Flechtenthallus als kleine dunkle Flecken, die im Centrum von der Mündung durchbrochen sind. So z. B. bei Placodium alphoplacum, Parmelia stygia und vielen anderen.

Abschnitt IV.

Beziehungen zwischen Spermogonien und Apothecien.

Betreffs der Beziehungen zwischen Spermogonien und Apothecien sind in Betracht zu ziehen die räumlichen Verhältnisse beider Fruchtformen, ihre Zahl, ihre Größe und ihre Umbildung ineinander.

Was zunächst die ersten Punkte anbetrifft, so können Spermogonien und Apothecien entweder getrennt auf besonderen Individuen

oder auf ein und demselben Individuum erzeugt werden. Bei den meisten Arten findet das erstere häufiger statt als das letztere.

An Individuen mit beiden Fruchtformen kann die Zahl der Spermogonien diejenige der Schlauchfrüchte bei weitem übertreffen, so bei Roccella tinctoria, Ramalina scopulorum, Stereocaulon incrustatum, Cetraria islandica u. a. Oder es treten, was auch nicht häufig ist, beide Fruchtformen in ziemlich gleichgroßer Zahl am nämlichen Thallus auf; so mitunter bei Anaptychia ciliaris und Opegrapha vulgata. Die Regel jedoch ist, daß die Zahl der Spermogonien weit zurücktritt gegenüber derjenigen der Schlauchfrüchte. Die Spermogonien nehmen dann z. T. vereinzelt, z. T. in kleinen Gruppen die apothecienlose, meist periphere Region am Thallus ein. So bei Physcia decipiens, Ph. murorum, Xanthoria parietina, Placodium fulgens, P. radiosum, P. saxicolum, P. (= Ricasolia) candicans etc. Mitunter sind die Spermogonien am apotheciumreichen Thallus so isoliert anzutreffen, daß ihre Auffindung den Beobachter einer harten Geduldsprobe aussetzt. So z. B. bei Endocarpon miniatum; zahlreiche Thalli dieser Flechte von verschiedenen Standorten und verschiedener Unterlage (Jurakalk von Lofer in Tirol, Frankendolomit bei Regensburg, Porphyr bei Halle a. S., Granit bei Gernsbach im südlichen Schwarzwald) enthielten nichts von Spermogonien, während ich letztere endlich an Exemplaren auffand, die auf Malm bei Gräfenberg im Frankenjura wuchsen. Ähnlich verhielt sich Sticta pulmonacea; Individuen von vielen deutschen Standorten (Riesengebirge, Schwarzwald, Eibsee in Oberbayern, Böhmerwald, Harz etc.) trugen häufig Apothecien, niemals dagegen Spermogonien. Schließlich entdeckte ich im Herbarium *Bausch* ein afrikanisches Exemplar, das einige mit Spermogonien besetzte Blattlappen trug. Bei unseren gemeinsten Peltigera-Arten, die gar nicht selten Apothecium tragen, habe bis jetzt immer und immer vergeblich nach Spermogonien gefahndet, obwohl dieselben bereits seit 1852 durch *Tulasne* bekannt und beschrieben sind, der sie allerdings auch längere Zeit vergeblich suchte.

An Individuen, die nur Spermogonien tragen, ist die Zahl dieser ebenfalls vielen Schwankungen unterworfen. Ganz vereinzelt kann man sie antreffen bei Parmelia pulverulenta, Candelaria concolor, Psora testacea, Ps. decipiens, bei der nur ausnahmsweise 5—7 Spermogonien an einem Thallus auftreten; ferner bei Cladonia Papillaria *(Ehrh.) Hoff.* und nach *Wainio* bei Cl. silvatica *(L.) Hoff.*, Cl. alpestris *(L.) Rabh.*, Cl. incrassata *Floerk.*, Cl. bellidiflora *(Ach.) Schaer.*, Cl. aggregata *(Sw.) Ach.*, Cl. uncialis *(L.) Web.*, Cl. rangi-

formis *Hoff.* und Cl. degenerans *Flk.* Für Cl. pyxidata *Fr.* (II. Tab. VIII, Fig. 19), Cl. macilenta *Hoff.* (II. Tab. VII, Fig. 40) und Cl. gracilis *Fr.* (II. Tab. VIII, Fig. 11) bildet *Lindsay* Spermogonien ab, die ebenfalls vereinzelt auftreten und zwar an der Spitze je eines pfriemenförmigen Podetiums. Häufiger jedoch findet man auch am apotheciumlosen Thallus die Spermogonien gruppenweise beisammen, z. B. bei vielen Parmelien (conspersa, tiliacea), Candelaria concolor (Tab. II, Fig. 10), Placodium Lagascae u. a.; selbst heerdenweise treten sie bei manchen Arten häufig auf. Bei unserer gemeinen Parmelia physodes, die ich noch nie mit Apothecium antraf, trägt ein einziger Thalluslappen oft nahezu 100 Spermogonien oder mehr, sodaß der ganze Thallus mindestens 500—600 Spermogonien aufweist. In ähnlicher Massenhaftigkeit beobachtete ich Spermogonien bei Endocarpon fluviatile, Parmelia encausta und P. stygia, deren apotheciumlose Thalli fast ganz gleichmäßig mit Spermogonien bedeckt waren.

Bevor man von der Existenz der Spermogonien als zweite Fruktifikation neben der Schlauchfrucht etwas Sicheres wußte, geschah es mehrfach, daß Spermogonien tragende Thalli gewisser Spezies als besondere Varietäten, ja als besondere Arten beschrieben wurden. Zu solchen Varietäten gehört z. B. Anaptychia ciliaris *L.* var. melanostigma *Arch.*, Parmelia physodes *L.* var. stigmatea *Wallr.* und Platysma nivale *L.* var. denticulata *Schaer.* — Zu jenen Arten gehört unter anderen die Spermogonienform von Biatora trachona *Ach.*, die man seiner Zeit Thrombium trachonum *Wallr.* nannte; ferner die von Biatora Ehrhartiana *Ach.*, die man früher Cliostomum corrugatum *Fr.* hieß; die von Lecanactis biformis *(Flk.) Kbr.*, die als Thrombium byssaceum *Schaer.* figurierte; die von Lecanactis abietina *(Ach.) Kbr.*, die als Pyrenothea leucosticta *Fr.*, und die von Arthonia impolita *(Ehrh.) Schaer.*, die als Thrombium sticticum *Ach.* bezeichnet wurde.

Spermogonien, die auf Fortsätzen des Apotheciumrandes (des Excipulums) saßen, fand *Lindsay* bei Alectoria tristis *Fr.* (I. Tab. XIII, Fig. 1) und bei Usnea barbata *L.* (l. c. Tab. IV, Fig. 3); und *Wainio* bei der brasilanischen Anaptychia podocarpa *(Bel.) Trév.* — Spermogonien, die direkt auf dem Excipulum sitzen, habe ich selbst beobachtet bei Platysma Fahlunense an Exemplaren aus dem Harz. Ähnliches kommt mitunter auch bei Alectoria tristis *Fr.* vor (*Linds.* I, Tab. XIII, Fig. 1), sowie bei Urceolaria scruposa (nach *Tulasne*, pag. 179) und Collema pulposum *Ach.* (*Linds.* I, pag. 274). Jedenfalls gehören noch folgende drei Flechten hierher, bei denen *Lindsay*

ohne nähere Angabe ein ausnahmsweises Vorkommen von Spermogonien auf den Apothecien anführt: Parmelia lataeformis *Fée* (pag. 210), P. moniliformis *Bab.* (pag. 220) und P. perforata *Ach.* (pag. 211).

Spermogonien, die auf der Apotheciumscheibe vorkommen, will *Lindsay* beobachtet haben bei einer aus Amerika stammenden Cladonia rangiferina *Hoff.* (I. Tab. VII, Fig. 30 und 31), und nach *Wainios* Cladonien-Monographie finden sich gelegentlich im Centrum der Apothecien von Cladonia aggregata *(Sw.) Ach.* Spermogonien vor.

Bei Parmelia conspersa *Ach.* degeneriert nach *Lindsays* Angabe (pag. 231) nicht selten das Apothecium; die Schlauchschicht fällt aus, und in dem ursprünglichen Schlauchboden sollen sich Spermogonien entwickeln.

Schließlich sei hier noch auf die Spermogonien von Lichina confinis *Ag.* aufmerksam gemacht, deren Verhältnis zu den Schlauchfrüchten von *Tulasne* und *Lindsay* mißverstanden wurde. Abgesehen von den terminalen Spermogonien an den Astenden des Thallus, können auch ein bis mehrere Conidienfrüchte den Apothecien scheinbar aufsitzen. In Wirklichkeit aber ist jede Schlauchfrucht einer Thallusanschwellung eingelassen, die allerdings die Basis für ein bis mehrere Spermogonien tragende Endästchen bilden kann (*Tulasne*, Tab. X, Fig. 12 und 13).

Über die Größenverhältnisse der Spermogonien im Vergleich zu den Apothecien ist wenig zu sagen. Die Spermogonien sind in der Regel ums Mehrfache kleiner als die Schlauchfrüchte. Bei Lichina confinis werden sie etwa $^1/_5$—$^1/_3$ mal so groß als die Perithecien. Bei L. pygmaea dagegen erreichen sie nicht selten die Größe der letzteren. Bei Endocarpon-Arten (rivulorum, miniatum) sind die Spermogonien zumeist ebenso groß als die Perithecien, ja oft noch größer. Bei Endopyrenium rufescens und noch manchen anderen pyrenokarpischen Flechten findet ähnliches statt.

Die Umbildung der Spermogonien in Schlauchfrüchte wurde bis jetzt nur für eine einzige Flechte, nämlich für Physma compactum *Kbr.*, eine Collemacee, nachgewiesen, und zwar durch eingehende Untersuchungen *E. Stahls*[1]), bei dem es (pag. 32) heißt, «daß bei Physma es die Spermogonien sind, welche zu den Apothecien werden, daß dieselben Gehäuse, die zuerst Spermatien abschnürende

---

[1]) Beiträge, Heft I mit Tab. I, Fig. 1 und 2.

Sterigmen enthalten, sich nachträglich mit Paraphysen und Ascis erfüllen». Etwas weiter unten (pag. 36 und 37) wird dieser Umwandlungsprozeß noch eingehender folgendermaßen geschildert: «Auf Längsschnitten sieht man zunächst die Sterigmen in ihrer ursprünglichen Anordnung durch einzelne Fäden gestört, welche zwischen denselben durchbrechen, um in die Spermogonienhöhle hineinzuwachsen. Die Zahl dieser gerade fortwachsenden, quergegliederten Fäden mehrt sich, und bald ist der ganze Innenraum von einem Büschel mehr oder weniger paralleler Fasern erfüllt, welche sich durch den Entleerungskanal hindurch bis zur Thallusoberfläche erstrecken. Durch diese aus dem Grunde des Spermogoniums herauswachsenden Fasern werden die Sterigmen auf die Seite gedrängt, wo noch lange ihre zusammengedrückten Reste erkennbar sind. Das ursprüngliche Gehäuse des Spermogoniums bleibt erhalten und wird zu dem des Apotheciums. Zunächst enthält es im Grunde die aus den Askogonen hervorgegangenen askogonen Schläuche und über denselben das Gewebe der Paraphysen, deren Entstehungsweise soeben beschrieben wurde.»

Daß eine Umwandlung von Spermogonien in Schlauchfrüchte oder umgekehrt auch bei anderen Flechten vorkommt, ist wahrscheinlich. Von *Tulasne*[1]), *Nylander*[2]), *Gibelli*[3]), *Bayerhofer*[4]), *v. Flotow*[5]) und *Minks*[6]) werden diesbezügliche Angaben gemacht, die aber alle noch sehr genauer Nachuntersuchung bedürftig sind und auf welche ich den Leser nur aufmerksam gemacht haben möchte.

Abschnitt V.

Accessorische Inhaltskörper der Flechtenspermogonien.

Hier kommen zunächst Algeneinschlüsse in Betracht, wie sie sich nicht selten in Spermogonien vorfinden. Besonders bei Vertretern des Physcia- und Endocarpon-Typus sind sie häufig in den festeren Gewebsteilen der Spermogonien anzutreffen und können auch im Reifestadium der Früchtchen noch lange ein lebenskräftiges Aussehen be-

[1]) l. c. (pag. 215) bei Verrucaria atomaria *D.C.* (= Arthonia punctiformis *Pers.*).

[2]) Bei Ephebeia cantabrica *Nyl.* Addenda nova ad Lichenog. Europ.

[3]) Sugli organi reproduttori del genere Verrucaria Milano 1865.

[4]) Regensburger Flora 1852, pag. 173—176.

[5]) Botan. Zeitung 1850, pag. 916.

[6]) *A. Minks*, Thamnolia vermicularis in Flora 1874, pag. 355.

wahren. Sie treten bald als vereinzelte Algenzellen auf, bald bilden sie kleinere Gruppen aus zwei bis vier Individuen und sind niemals, wie es scheint, von der in dem betreffenden Flechtenthallus vorhandenen Algenspezies verschieden. Als Beispiele seien angeführt: Anaptychia ciliaris, Physcia murorum, Parmelia aipolia, P. pulverulenta, Xanthoria parietina (Tab. III, Fig. 38) und Endocarpon fluviatile. Ähnliches gilt für Candelaria concolor, Psora decipiens, Thalloëdema coeruleo-nigricans, Parmelia physodes, P. Acetabulum und Sticta linita, bei welchen Einschlüsse von lebenden Algen immer nur im peripheren Teile reifer Spermogonien, ganz nahe der Wandung oder in dieser selbst sich vorfinden. So lange die Spermogonien letztgenannter Flechten noch jung sind und die Conidienbildung erst noch bevorsteht, werden auch im centralen Teil dieser Spermogonien oft Algeneinschlüsse beobachtet (z. B. Parmelia physodes, Tab. II, Fig. 23). Algen, die frei zwischen den Spermatien oder den Conidien bildenden Elementen liegen, habe ich weder bei diesen noch bei jenen Flechten jemals beobachtet. Sie sind immer schon bei der Anlage der Spermogonien mit eingeschlossen worden. Auch dürfen sie keineswegs mit «Hymenialgonidien» identifiziert werden, wie solche zuerst von *Nylander*[1]), dann von *Fuisting*[2]), *Schwendener*[3]) und *Stahl*[4]) zwischen den Ascis in den Schlauchfrüchten verschiedener Flechten aufgefunden wurden. Die Hymenialgonidien nehmen zwar auch von den Algen des Thallus aus ihre Entstehung, unterscheiden sich aber von diesen in ihrer weiteren Entwicklung durch ihre Gestalt und lebhafte Teilungsfähigkeit. Sie werden gleichzeitig mit den Sporen entleert und diesen zur raschen Bildung neuer Individuen mitgegeben, was bei den in Spermogonien eingeschlossenen Algen nie der Fall zu sein scheint. —

Außer Algen kommen gelegentlich mikroskopische Kalkpartikelchen von unförmlicher Gestalt als Einschlüsse vor. Ich habe sie in reicher Menge bei einer kalkbewohnenden Flechte, bei Placodium fulgens, angetroffen, woselbst sie mit den Conidien bildenden Hyphen innig verklebt waren.

---

1) Synopsis methodica Lichenum.
2) Botan. Zeitung 1868.
3) Erörterungen zur Conidienfrage; Flora 1872.
4) Beiträge, Heft II; 1877.

Abschnitt VI.

Physiologische Eigenschaften der Flechtenspermogonien.

Die hier in Betracht kommenden Punkte sind die Beziehungen der Spermogonien zum Licht und die chemische Beschaffenheit der letztgenannten.

a. Einfluß des Lichtes auf die Lagerung der Spermogonien.

Die Spermogonien finden sich stets an solchen Teilen des Thallus, die der Einwirkung des Sonnenlichtes ausgesetzt sind. Sämtliche Flechten, deren Thallus flächenartig entwickelt erscheint, tragen die Spermogonien stets auf der belichteten Oberseite oder an dem belichteten, oft aufwärts gebogenen Blattrande. Die reich verzweigten Podetien der Cladonia-(Cladina-)Arten, welche dichte Polster oder Rasen bilden, weisen nur an den dem Lichte zugänglichen Endästchen Spermogonien auf, niemals aber an tiefliegenden Teilen der Podetien, wo das Licht nicht ausreichend hingelangt. Zwei weitere schlagende Beweise für die Abhängigkeiten der Spermogonien vom Licht liefern Parmelia lanata *Fr.* und Ramalina scopulorum *Dicks.* Bei erstgenannter erscheint im Gegensatz zu allen anderen Parmelien der niederliegende Thallus im Querschnitt rundlich (Tab. II, Fig. 9) und läßt, abgesehen von einem schwachen Farbenunterschied beider Seiten, keine Dorsiventralität erkennen. Die Spermogonien sitzen hier ausschließlich auf der dem Lichte zugekehrten, dunkleren Oberseite. Ramalina scopulorum *Dicks.* (Tab. II, Fig. 8) hat einen bandförmigen Thallus, der ebenfalls keine Dorsiventralität aufweist, abgesehen davon, daß die eine Flachseite etwas heller gefärbt ist als der übrige Thallus. Diese heller gefärbte Fläche ist infolge der Anheftung des Thallus an das Substrat dem Lichte abgekehrt und trägt an mir vorliegendem Exemplar nur einige wenige Spermogonien, während der ganze übrige Thallus an seinen belichteten Rändern und seiner anderen, ebenfalls belichteten Flachseite reichlich mit Spermogonien besetzt ist. Drei kleine Thallusläppchen dieses Exemplares kehren zufällig ihre morphologische Unterseite dem Lichte zu. Und diese ist es, welche die Spermogonien trägt, während die nicht belichtete, dem Beschauer abgewendete Oberseite keine Spermogonien trägt. Ähnliches gilt auch für die Spermogonien des exotischen Coenogonium Linkii *Ehrbg.*, das einen drehrunden, sehr reich verzweigten Thallus besitzt, dessen Äste sich zu einem blattartigen Gebilde zusammenfügen und in einer halbkreisförmigen Fläche aus-

breiten. Die Spermogonien entstehen nur auf der dem Lichte zugekehrten Oberseite der besagten Thallusfläche (nach *Wainio*).

Überall da jedoch, wo die Thalli einer allseitigen Belichtung ausgesetzt sind, findet sich allseitige Verteilung der Spermogonien vor, so bei Roccella tinctoria, deren hängende, pfriemenförmige Äste weit genug voneinander entfernt sind, daß das Licht seine Einwirkung ringsum geltend machen kann. Ähnlich verhält es sich auch mit vertikal stehenden Thallusteilen, die ringsum viele Spermogonien tragen und infolge ihrer wenig dicht gedrängten Stellung der allseitigen Lichteinwirkung kein Hindernis entgegensetzen; so bei Stereocaulon incrustatum, Combea mollusca und den Podetien gewisser Cladonien. — Die eben geschilderte Lage der Spermogonien wird für die Flechten wohl auch in biologischer Hinsicht nicht unwesentlich sein, insofern die Spermogonien bei solcher Lage leichter benetzt und die Spermatien schneller aus ihrem Behälter herausbefördert werden können.

b. Stoffwechselprodukte der Spermogonien.

Bekanntlich sind die Flechten im stande, an ihren Thallusteilen eigentümliche Stoffe zur Abscheidung zu bringen, welche man schlechtweg Flechtenstoffe oder, da sie meist schwachen Säurecharakter tragen, Flechtensäuren nennt. Die große Verbreitung dieser Körper hat neuerdings *Zopf* in einer Reihe von Abhandlungen nachgewiesen[1]. Aber nicht nur die vegetativen Teile der Flechte enthalten solche Stoffe, sondern wir finden dieselben auch bei den Früchten der Flechten vor, in den Apothecien und Spermogonien. Sie aus letzteren rein darzustellen und mit bekannten Stoffen zu identifizieren, dürfte kaum gelingen, da diese Behälter zu klein sind, als daß man größere Quantitäten derselben zusammenbringen könnte. — Man ist daher auf die bloße mikrochemische Prüfung angewiesen. Aber diese erscheint vielfach unsicher, weil man für viele Flechtenstoffe überhaupt noch keine mikrochemische Reaktion kennt und von den bekannten Reaktionen manche wenig zuverlässig sind.

Ich habe daher nur die Flechtenchrysophansäure im Sinne von *Rochleder* und *Heldt* (= Chrysophyscin *Lilienthals*) sowie das Calycin und die Psoromsäure mit einiger Sicherheit nachweisen können. Die Ablagerungsstätte für diese Stoffe beschränkt sich auf das die Mündung umgebende, also mit der Luft in unmittelbarer Berührung stehende Gewebe, die Spermogonienrinde, während den in das Thallus-

[1] In *J. Liebigs* Annalen der Chemie.

gewebe eingesenkten Partieen der Spermogonienwand die genannten Stoffe fehlen.

Was zunächst die Flechtenchrysophansäure anbetrifft, so findet sie sich in der gelbgefärbten Spermogonienrinde von Xanthoria parietina und lychnea, von Physcia (= Gapsarrinia) elegans und decipiens, sowie in derjenigen von Placodium fulgens. Bei Einwirkung von Kalilauge nimmt die Spermogonienrinde genannter Flechten eine schön purpur-violette Färbung an, welche auch die übrigen Teile der Thallusrinde bei Behandlung mit diesem Reagens erkennen lassen. Thatsächlich ist diese Säure aus einigen der genannten Flechten rein dargestellt worden: aus Xanthoria parietina von *Rochleder* und *Heldt*[1]), aus Physcia elegans von *Thompson*[2]) und aus Placodium fulgens von *Zopf*[3]).

Das Calycin findet sich in der Spermogonienrinde von Candelaria concolor und Callopisma vitellinum vor. Beide zeigen die charakteristische, von *Zopf* aufgefundene Calycin-Reaktion (Zeitschr f. w. Mikroskopie, Band XI, pag. 495—499). Die zuvor mit einem Tropfen Benzol behandelte Spermogonienrinde wird durch Kalilauge rötlich. Ob aber die Spermogonienrinde stets calycinhaltig ist, dürfte noch fraglich sein, da auch die übrige Thallusrinde, soviel aus der nur partiell auftretenden Reaktion zu schließen ist, das Calycin nur auf gewisse Punkte lokalisiert enthält. Das Calycin wurde von *Zopf* aus einer kleinen Anzahl von Flechten, zu denen auch die beiden letztgenannten gehören, chemisch rein gewonnen. Es krystallisiert in feinen Nädelchen, die verschiedene Töne von Rot zeigen können. Im übrigen verweise ich auf *Zopf* (Beiträge für Phys. und Morph. niederer Organismen, Heft V, pag. 13 und 14).

Die Psoromsäure konnte ich mikrochemisch nachweisen in der Spermogonienrinde von Placodium alphoplacum. Bei Behandlung mit Kalilauge geht sie aus der Rinde mit gelber, allmälig rot bis rotbraun werdender Farbe in Lösung, bis schließlich feine, rotbraune, zu Rosetten vereinigte Nädelchen auskrystallisieren, die das Kaliumsalz der Psoromsäure darstellen und im Wasser unlöslich sind. Dieses Verhalten ist nach *Zopf* für die aus Placodium alphoplacum von ihm isolierte Psoromsäure charakteristisch (*Liebigs* Annalen, Band 295, pag. 226). Über die sonstige Verbreitung der Psoromsäure unter den Flechten finden sich genaue Angaben bei genanntem Autor (l. c. pag. 295).

---

1) *Wöhler* und *Liebig*, Annalen der Chemie u. Pharmacie. 48. Band. 1843.

2) *Erdmanns* Journal f. praktische Chemie. 33. Band. 1844.

3) *Liebigs* Annalen. 297. Band.

Die Psoromsäure stellt feine, weiße Nädelchen dar, welche durch Einwirkung von Alkalien die oben geschilderten braunroten, in Rosettenform krystallisierenden Salze giebt.

Das Vorhandensein von anderen bekannten Körpern in den Spermogonien konnte ich nicht nachweisen. Doch fand ich für viele Spermogonien bei Einwirkung gewisser Reagentien beachtenswerte Farbenreaktionen, die auf die Existenz gewisser Stoffe in den Spermogonien schließen lassen. Die Reagentien, welche ich anwandte, waren 30 % Kalilauge, conc. Schwefelsäure, conc. Salzsäure und conc. Salpetersäure.

Verhalten gegen Kalilauge.

Violettfärbung. Bei Thalloëdema coeruleo-nigricans und candidum wird die Spermogonienrinde[1]) schön violett, während die übrige Thallusrinde nur Spuren einer Violettfärbung zeigt. Außerdem findet sich in der Litteratur die Violettfärbung mit Kalilauge noch für eine ganze Reihe von Flechtenspermogonien angegeben. So für Cladonia erythrosperma *Wain.*, Cl. alpestris *(L.) Rabh.*, Cl. capitellata *(Tayl.) Bab.*, Cl. candelabrum *(Bor.) Nyl.*, Cl. albofuscescens *Wain.*, Cl. consimilis *Wain.*, Cl. Boivini *Wain.* und Cl. Delessertii *(Nyl.) Wain.*, welche nach Angabe *Wainios* eine «rötliche Materie» enthalten und mit Kali violett werden. Ferner sind zu nennen: Cladonia leporina *Fr.*, Cl. hypocritica *Wain.*, Cl. bellidiflora *(Ach.) Schaer.*, Cl. flavescens *Wain.*, Cl. metalepta *Nyl.*, Cl. didyma *(Fée.) Wain.*, Cl. coccifera *Wlld.* var. ochrocarpa *Flörk.* und var. cerina *Fr.* (diese beiden Var. bisweilen), für welche acht Arten *Wainio* das Vorkommen von «Chrysophansäure» im Spermogonium angiebt; letztere dürfte jedoch nicht zu identifizieren sein mit der Flechtenchrysophansäure der Xanthoria u. a. Nach Angabe *Arnolds* («Zur Lichenenflora von München») tritt auch bei den Spermogonien von Pyrenodesmia variabilis *Pers.* (pag. 48), von Biatora Ehrhartiana *Ach.* (pag. 82) und Catillaria athallina *Hepp.* (pag. 84) eine violette Reaktion mit Kalilauge ein.

Gelbfärbung. Bei Psora testacea und Placodium gypsaceum geht in der Spermogonienrinde (ebenso wie in der übrigen Thallusrinde) ein Körper mit gelber Farbe in Lösung. Die Färbung schwindet jedoch nach einiger Zeit wieder. Nach *Wainio* wird der farblose Spermogonien-Nucleus von Cladonia Salzmanni *Nyl.*, Cl. sphacelata *Wain.* und Cl. pleurophylla *Wain.* mit Kali gelblich.

Schmutzig-braungrün werden mit Kali die blaß-blaugrünen Spermogonien von Parmelia stygia, und bei Lecanora subfusca var. allophana wird die bläulichgrüne Farbe des Ostiolums intensiver.

Ein negatives Resultat mit Kali ergaben jedoch die meisten der von mir geprüften Flechten: Alectoria tristis; Ramalina scopulorum; Anaptychia ciliaris; Parmelia physodes, Acetabulum, tiliacea, encausta, aspidota, pulverulenta; Platysma Fahlunense; Physcia speciosa, aquila; Sticta herbacea; Nephromium laevigatum;

---

[1]) Unter Spermogonienrinde verstehe ich hier wie im Nachfolgenden nur den Teil der Thallusrinde, der das Ostiolum umschließt.

Candelaria concolor; Placodium melanaspis, saxicolum, radiosum, Lagascae[1]), candicans, Gyrophora cylindrica, Psora decipiens, Endocarpon rivulorum, Opegrapha vulgata und Lichina pygmaea. Und nach *Wainio* ergeben die Spermogonien von Cladonia silvatica *(L.) Hoff.* var. silvestris *Oed.* und var. portentosa *(Duf.) Del.*, sowie die von Cl. signata *Wain.* mit Kali ebenfalls keine Färbung.

Verhalten gegen konzentrierte Schwefelsäure.

Rotfärbung mit Schwefelsäure scheint ziemlich verbreitet zu sein; solches gilt für die Spermogonien von Parmelia pulverulenta, Placodium chrysoleucum, Psora decipiens, testacea und Lecanora subfusca var. allophana, welche rosarot werden. Rotfärbung mit bräunlicher Nuancierung tritt ein bei Placodium gypsaceum und Thalloëdema candidum, bei welchen, abgesehen von der Spermogonienrinde, erst eine rote, dann eine braunrote Farbe zum Vorschein kommt. Ein Rosarot nach vorhergegangenem Bräunlichrot tritt ein bei Parmelia Acetabulum, Placodium alphoplacum und saxicolum. Eine blaßrosarote Farbe zeigt sich bei Parmelia encausta, Placodium lentigerum und P. melanaspis. Eine nur sehr schwache Rotfärbung wird mit Kali erzielt bei Placodium radiosum und Lagascae (bei letzterer abgesehen von der Spermogonienrinde). — Sollte etwa die Rotfärbung, welche jene Flechtenspermogonien mit konzertrierter Schwefelsäure annehmen, auf einen Zuckergehalt hindeuten? Unmöglich wäre es nicht, da von *E. Ráthay* in den Spermogonien der Rostpilze die Bildung und Ausscheidung von Zucker nachgewiesen werden konnte.

Violettfärbung mit Schwefelsäure tritt ein in der Spermogonienrinde von Thalloëdema candidum und coeruleo-nigricans und zwar wird bei beiden die Spermogonienrinde dunkel und die Thallusrinde hellviolett.

Dunkel-olivengrün werden mit Schwefelsäure die Spermogonien von Parmelia physodes, bei welchen nach geringer Zeit wieder ein Erblassen eintritt.

Bräunlich werden die Spermogonien von Physcia speciosa, braungelb der periphere Teil der Spermogonien — ausgenommen die Spermogonienrinde — von Ramalina scopulorum.

Ein gelber Farbstoff geht in der Spermogonienrinde von Ramalina scopulorum in Lösung und ein citronengelber in derjenigen von Placodium Lagascae.

Die blaugrüne Farbe im Inneren der Spermogonien von Parmelia stygia wird durch Schwefelsäure sehr intensiv, besonders gegen das Ostiolum zu; im peripheren Teil dagegen tritt ein Erblassen des bläulichgrünen Farbstoffs im oberen Teil der Spermogonien von Platysma Fahlunense ein.

Keine Farbenreaktion mit konzentrierter Schwefelsäure zeigten die Spermogonien von Alectoria tristis, Anaptychia ciliaris, Physcia elegans, Parmelia tiliacea, aspidota, Xanthoria parietina, Candelaria concolor, Sticta herbacea, Gyrophora cylindrica, Placodium fulgens, P. candicans, Endocarpon rivulorum, Opegrapha vulgata und Lichina pygmaea.

---

[1]) Diese Flechte wurde von mir zweimal von verschiedenen Lokalitäten geprüft, ohne daß Spuren einer Psoromsäure-Reaktion hätten beobachtet werden können, obwohl diese Säure von *Zopf* aus besagter Flechte isoliert wurde. Jedenfalls ist die in der Spermogonien-(und Thallus-)Rinde enthaltene Psoromsäure infolge ihrer geringen Quantität mikrochemisch nicht mehr aufzufinden.

Verhalten gegen konzentrierte Salzsäure.

Rotfärbung mit konzentrierter Salzsäure tritt in Spuren auf bei den Spermogonien von Parmelia Acetabulum, Psora testacea und Lecanora subfusca var. allophana, bei welcher außerdem die tiefschwarze Region des Ostiolums violettschwarz wird.

Eine Violettfärbung ruft konzentrierte Salzsäure hervor in der Spermogonienwandung und in der Sterigmenzone von Placodium chrysoleucum und P. saxicolum; bei dieser letzteren nur ziemlich schwach. Die Rinde der Spermogonien von Thalloëdema coeruleo-nigricans wird dunkelviolett, während das übrige Spermogon schwach braunrot-violett (und die äußere Zone der Thallusrinde hellviolett) erscheint.

Olivengrün werden mit konzentrierter Salzsäure die Spermogonien von Parmelia physodes und bläulichgrün diejenigen von Physcia speciosa. Der blaß-blaugrüne Farbstoff in dem Spermogon von Parmelia stygia tritt bei Einwirkung von Salzsäure etwas intensiver hervor, während die im natürlichen Zustande schwach bläulichgrün gefärbten Spermogonien von Platysma Fahlunense allmälig erblassen.

Keine Färbung mit Salzsäure zeigten jedoch die meisten von mir geprüften Spermogonien, so bei: Alectoria tristis, Ramalina scopulorum, Anaptychia ciliaris, Parmelia pulverulenta, aspidota, tiliacea, encausta, Sticta herbacea, Xanthoria parietina, Gyrophora cylindrica, Placodium alphoplacum, melanaspis, Lagascae, radiosum, gypsaceum, fulgens, candicans, Psora decipiens, Opegrapha vulgata, Endocarpon rivulorum und Lichina pygmaea.

Verhalten gegen konzentrierte Salpetersäure.

Rötlichviolett werden mit konzentrierter Salpetersänre die Spermogonien von Placodium chrysoleucum, Sagedia chlorotica *Ach.* (*Arnold,* Zur Lichenenfl. v. München, pag. 122) und die von Thalloëdema coeruleo-nigricans; bei letzterer wird die Spermogonienrinde dunkelviolett, das übrige Spermogon schwach-braunrot-violett und die äußere Zone der Thallusrinde hellviolett. Nach kurzer Zeit werden die violetten Stellen schmutzig-olivenfarbig.

Blaugrün mit Salpetersäure färben sich die Spermogonien von Physcia speciosa und Parmelia stygia, bei welcher die auch ursprünglich vorhandene blaugrüne Farbe intensiver hervortritt, und olivengrün diejenigen von Parmelia physodes.

Keine Färbung ergaben auch mit Salpetersäure die meisten der von mir geprüften Flechtenspermogonien, so von Alectoria tristis, Ramalina scopulorum, Anaptychia ciliaris, Parmelia pulverulenta, tiliacea, encausta, Acetabulum, Sticta herbacea, Placodium fulgens, saxicolum, melanaspis, Lagascae, gypsaceum, candicans, Gyrophora cylindrica, Psora testacea, decipiens, Opegrapha vulgata, Lecanora subfusca var. allophana, Endocarpon rivulorum und Lichina pygmaea.

Schluß.

Die gewonnenen Untersuchungsresultate der vorliegenden Arbeit lassen sich kurz in folgender Weise nochmals zusammenfassen:

Der I. Abschnitt behandelt die Stellung der Spermogonien am Flechtenthallus.

Ist der Thallus dorsiventral gebaut, so pflegen die Spermogonien zumeist flächenständig zu sein, was für sehr viele Flechten mit krustigem und blattartigem Thallus gilt. Die Conidienfrüchte sind bald gleichmäßig über die ganze Thallusfläche zerstreut, bald auf die periphere Region der letzteren beschränkt. Weit seltener als die flächenständigen Spermogonien sind die randständigen, die fast ausschließlich blattartigen Thallusteilen zukommen; ihre wichtigsten Vertreter sind auf die Gattungen Nephromium, Platysma, Cetraria, Peltigera, Collema und Leptogium verteilt. Eine Mittelstellung zwischen rand- und flächenständigen Spermogonien nehmen die submarginalen ein, wie wir sie bei Psora lurida, Endopyrenium rufescens und einigen Collamaceen kennen lernten. Flächenständige und randständige Spermogonien treten in seltenen Fällen auch gleichzeitig am nämlichen Thallus auf, so z. B. bei einigen Platysma-Arten.

An radiär gebauten Thallusteilen ist die Stellung der Spermogonien in der Regel eine seitliche, was besonders für Usnea, Alectoria, Ramalina, Thamnolia, Sterecaulon, Cladonia, Roccella, Ephebe u. a. gilt. Terminale Spermogonien an radiären Thallusteilen sind weit seltener; auch treten solche fast immer vergesellschaftet mit lateralen auf. Ein vereinzeltes Vorkommen von randständigen Spermogonien an radiären Thallusteilen bilden die Spermogonien am Rande der Podetiumbecher von Cladonia.

Der II. Abschnitt behandelt die Lagerungsverhältnisse zwischen den Spermogonien und den Gewebsschichten des Thallus.

Die Spermogonien können hinsichtlich ihrer Lagerung zur Thallussubstanz ganz eingesenkt, halb eingesenkt, oder frei sein. Die ganz eingesenkten, punktförmigen Spermogonien erscheinen der Mehrzahl nach äußerlich am Thallus als kleine, dunkle, mit bloßem Auge eben noch sichtbare Pünktchen, welche die Mündungsstelle der Früchtchen

bezeichnen (Typus 1). Diese «punktförmigen» Spermogonien besitzen im Flechtenreich die weiteste Verbreitung. War bei den punktförmigen Spermogonien der Nucleus direkt in den Thallus eingebettet, so ist er bei den «warzen- und höckerförmigen» Spermogonien indirekt in den Thallus, in eine Anschwellung desselben eingelassen, die durch ihre besondere Färbung von dem übrigen Thallus sich mehr oder minder scharf abheben kann (Typus 2). Die halbeingesenkten Spermogonien sind mit der unteren Hälfte in die Thallussubstanz eingebettet, während die obere von selbständiger Rinde bedeckt ist (Typus 3). Sie sind sehr selten und von untergeordneter Bedeutung, da ihr Vorkommen für keine Spezies konstant zu sein scheint. Die freien Spermogonien endlich sind ausgezeichnet durch einen allseitig von selbständiger Rinde bedeckten Nucleus, der ganz außerhalb des Markgewebes und der Algenregion liegt (Typus 4). Freie Spermogonien kommen nur wenigen Flechten zu, für die sie aber sehr bezeichnend sind (viele Cladonien, Platysma Fahlunense, Cetraria islandica).

Der III. Abschnitt behandelt den Bau der Spermogonien, ihre Gestalt, Größe, Anatomie und Entwicklungsgeschichte.

Die Gestalt der Spermogonien ist verschieden; am häufigsten ist die eiförmige oder längliche.

Die Größe der meisten Spermogonien bewegt sich zwischen 150 und 400 μ. Die kleinsten besitzt bis jetzt Parmelia aspidota, die nur 25—35 μ breit werden, und die größten Sticta herbacea, die nicht ganz 1 mm dick werden.

Bei dem anatomischen Bau der Spermogonien spielen die Conidien erzeugenden Elemente oder der Basidienapparat die wichtigste Rolle. Die Beschaffenheit dieses letzteren ist eine viel kompliziertere, als man bisher anzunehmen pflegte. Es lassen sich acht Typen unterscheiden: 1. der Peltigera-Typus, 2. der Psora-Typus, 3. der Cladonia-Typus, 4. der Placodium-Typus, 5. der Parmelia-Typus, 6. der Sticta-Typus, 7. der Physica-Typus und 8. der Endocarpon-Typus.

1. Der Peltigera-Typus zeigt den einfachsten Spermogonienbau. Den einzigen Vertreter bildet Peltigera selbst. Die Spermogonienwandung ist an ihrer Innenfläche mit Conidienständen primitivster Art ausgekleidet. Sie bestehen aus polygonalen «Basalzellen», denen 1—2 sehr lange, schlauchförmige Sterigmen ansitzen, die an ihrer Spitze durch Querwandbildung große, breite, meist ölhaltige Conidien abgliedern.

2. Der Psora-Typus ist ausgezeichnet durch echte Conidienstände, die ebenso wie beim Cladonia- und Placodien-Typus aus einer einfachen oder verzweigten Achse von Basalzellen bestehen, welchen je nachdem terminal und lateral die Sterigmen ansitzen. Charakteristisch für den Psora-Typus ist ferner, daß die Sterigmen, abgesehen von ihrer geringen Größe, denen des vorigen Typus gleichen. Auch die Conidien werden auf ähnliche Weise gebildet wie dort, sind aber meist viel kleiner, cylindrisch oder eiförmig und sind nur gelegentlich mit Öltröpfchen versehen. Dem Psora-Typus gehören an Lecanactis abietina, Psora decipiens, Ramalina scopulorum, Candelaria concolor, Callopisma vitellinum, Opegrapha vulgata und Psora testacea, von welchen jedoch die drei letztgenannten infolge ihrer Conidienbildung zum Cladonia-Typus hinneigen. —

3. Der Cladonia-Typus unterscheidet sich von dem Psora-Typus durch umfangreichere Conidienstände, durch die Art und Weise der Conidienbildung, die meist durch Sprossung am Sterigmaende eingeleitet wird; dabei schwillt die erst papillenartige Ausstülpung des Sterigmaendes allmälig zur Conidie an. Die Sterigmen sind häufig nach oben zugespitzt und flaschenförmig, während die Conidien cylindrisch und oft schwach gekrümmt sind. Dem Cladonia-Typus gehören einige Placodien an und jedenfalls die meisten Cladonien. Im einzelnen Falle verwischen sich oft mehr oder minder, wie wir sahen, die Unterschiede zwischen dem Cladonia- und Psora-Typus, um so schärfer aber ist die Grenze zwischen dem Cladonia- und Placodium-Typus.

4. Der Placodium-Typus hat Conidienstände, die denen des Cladonia-Typus ziemlich ähnlich sind. Das wichtigste Erkennungsmerkmal jedoch liefern die Conidien, die sehr lang, sehr dünn und häufig verschiedenartig gekrümmt sind. Hierher: Placodium saxicolum, Lagascae, lentigerum, gypsaceum, Thalloëdema candidum, coeruleo-nigricans, Lecanora subfusca var. allophana, Placodium chrysoleucum und Roccella tinctoria, von welchen die zwei letzten Vertreter bereits eine Brücke zum Parmelia-Typus schlagen.

5. Der Parmelia-Typus hat auch noch echte Conidienstände, die aber zum Teil sehr eigenartig sind und sich ausschließlich aus Basidien aufbauen. Die Sterigmen bilden zarte, bajonettförmige Ausstülpungen dieser letzteren und lassen den Typus niemals verkennen. Hierher: Alectoria tristis, Stereocaulon incrustatum, Evernia Trulla, Parmelia Acetabulum, tiliacea, caperata, hottentotta, physodes, en-

causta, conspersa, stygia, lanata und Platysma Fahlunense. Den Übergang zum Sticta-Typus vermitteln die Spermogonien von Physcia aquila und endococcina.

Der Sticta-, Physcia und Endocarpon-Typus ist dadurch vor den übrigen Typen ausgezeichnet, daß ihre Sterigmen, die ebenfalls Ausstülpungen von Basidien vorstellen, winzige Gebilde von papillenartiger oder kurz cylindrischer Gestalt sind.

6. Der Sticta-Typus hat einen Basidienapparat, der aus einem lockeren Netzwerk von Basidienhyphen besteht. In die meist radiär angeordneten Netzmaschen hinein werden die Spermatien erzeugt. Nach der Peripherie des Früchtchens zu bleiben die Basidienhyphen oft zu einem kompakten Wandbelag von mäßiger Dicke verschmolzen, der kleine, ebenfalls Conidien erzeugende Intercellularen einschließen kann. Als Vertreter des Sticta-Typus lernten wir kennen: Gyrophora cylindrica, esculenta; Umbilicaria pustulata; Sticta linita, herbacea, amplissima, Wrightii, pulmonacea, damaecornis var. canariensis; Nephromium laevigatum, parile; Physcia decipiens, Placodium fulgens, candicans und Collema multifidum.

7. Der Physcia-Typus ist dem vorhergehenden Typus ziemlich ähnlich, nur persistieren, abgesehen vom peripheren Teil, auch an beliebig anderen Stellen des Basidienapparates steril bleibende Gewebskomplexe von Basalzellen, zwischen welchen sich netzig anastomosierend die Basidienhyphen ausbreiten. Wichtige Vertreter des Typus lernten wir kennen in Anaptychia ciliaris, Physcia speciosa, stellaris, tenella, murorum und Parmelia pulverulenta.

8. Der Endocarpon-Typus besitzt nie einen netzigen Charakter wie seine beiden Vorgänger. Das Spermogon ist vielmehr erfüllt von einem festen Gewebe polygonaler Basalzellen, in das viele gegenseitig getrennte Höhlungen eingebettet sind; die Wände der letzteren bestehen aus Basidien, die auf winzigen Sterigmen in die Höhlungen hinein die Conidien erzeugen. Der Endocarpon-Typus konnte bis jetzt nur für Xanthoria parietina und lychnea, Endocarpon rivulorum, fluviatile, miniatum und Endopyrenium rufescens aufgefunden werden.

Die Flechten des Peltigera-, Psora-, Cladonia- und Placodium-Typus haben, soviel aus Litteraturangaben geschlossen werden darf, bei den Askomycet-Pilzen äquivalente Vertreter hinsichtlich ihrer Conidienfrüchte. Dagegen sind Spermogonien von dem Bau des Parmelia-, Sticta-, Physcia- und Endocarpon-Typus bei den Schlauch-

pilzen bis jetzt noch nicht bekannt, wenn auch manche Pilzspermogonien eine entfernte Ähnlichkeit mit denen des Endocarpon-Typus an den Tag legen.

Im Hinblick auf die Entwicklungsgeschichte werden die Pilzspermogonien eingeteilt in Hyphen-, Gewebe- und Knäuelfrüchte, und zwar können diese letzteren nur auf dem Wege der Kultur mit Beachtung der allerersten Entwicklungsstadien unterschieden werden. Da aber ein solches Untersuchungsverfahren bei Flechtenspermogonien mit den größten technischen Schwierigkeiten verknüpft oder überhaupt unausführbar ist, so können diese bis jetzt nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit den Knäuelfrüchten zugezählt werden. Die Flechtenspermogonien bilden in dem ersten mikroskopisch wahrnehmbaren Entwicklungsstadium einen pseudoparenchymatischen (?) Gewebekörper, der dicht unter der Thallusrinde, in der Algenregion seinen Sitz hat. Im weiteren Verlauf der Entwicklung findet Vermehrung der Primordialzellen und radiäre Anordnung dieser, wenigstens im peripheren Teil der Anlage, statt. Je nachdem nun die gegenseitige Lostrennung der Primordialelemente, die durch Intercellularenbildung eingeleitet wird, erfolgt, resultieren die Basidienapparate der jeweiligen Spermogonientypen.

Die Spermatien sind verschieden gestaltet; abgesehen von dem vereinzelten Vorkommen kugeliger Formen sind sie vorwiegend elliptisch, eiförmig, länglich oder cylindrisch; seltener sind sie spindelförmig, keulig oder bisquitförmig. Die Breite der Spermatien übersteigt nur ausnahmsweise 2 μ, während ihre Länge zwischen 2 und 40 μ schwankt. Die Keimfähigkeit der Spermatien und das Vorhandensein eines Zellkernes in ihnen ist bis jetzt nur für wenige Arten bekannt.

Die Spermogonienhöhlung der fünf ersten Typen ist entweder einkammerig und dann ziemlich isodiametrisch, oder mehrkammerig und dann mehr oder minder unregelmäßig. Die letztere setzt sich aus mehreren miteinander kommunizierenden Kammern zusammen und nimmt stets von der einkammerigen Höhlung aus ihre Entstehung. Dieser Umbildungsprozeß kann auf doppeltem Wege vor sich gehen. Im einen Fall wuchert das ursprünglich einfache Hymenium faltenwurfartig an verschiedenen Punkten in das Innere hinein, wobei das Volumen der Spermogonienhöhlung an Größe abnimmt (Psora decipiens, Placodium Lagascae, alphoplacum, melanaspis und Lichina pygmaea). Im anderen Fall wird das Hymenium bruchsackartig an mehreren Stellen in das Mark hinein ausgestülpt, womit

eine entsprechende Vergrößerung der Spermogonienhöhlung Hand in Hand geht (Stereocaulon incrustatum). Die mehrkammerige Spermogonienhöhlung von Psora testacea kommt teils durch Faltenwurf des Hymeniums, teils durch bruchsackartige Ausstülpung desselben zu stande. —

Eine Spermogonienwandung ist bei allen Spermogonien vorhanden und kann aus einer bis mehreren Zelllagen bestehen. Sie erreicht eine Dicke bis zu 40 μ.

Die Spermogonienmündung oder das Ostiolum ist eine kleine am oberen Pol der Früchtchen entstehende Öffnung, welche die Spermatienentlassung bezweckt. Sie bildet sich dadurch, daß gewisse Zellkomplexe der Thallus- oder Spermogonienrinde obliterieren und einreißen. Die Öffnung mißt in der Regel 20—100 μ; ihre Gestalt ist eine verschiedene. Nur selten beobachtet man «Mündungshyphen», welche das Ostiolum konvergierend umstellen.

Der IV. Abschnitt handelt von den Beziehungen zwischen Spermogonien und Apothecien.

Die Spermogonien treten bald allein am Flechtenthallus auf, bald gleichzeitig mit Schlauchfrüchten und sind dann häufig besonders lokalisiert. Die Zahl der Spermogonien ist in beiden Fällen an ein und demselben Individuum eine sehr verschiedene. Seltener sind sie vereinzelt anzutreffen, zumeist in kleinen Gruppen; mitunter auch in ganzen Heerden, sodaß ein einziger Thallus unter Umständen viele Hunderte von Spermogonien aufweisen kann (Parmelia physodes u. a.).

In Ausnahmefällen sitzen Spermogonien auch auf Fortsätzen des Excipulums der Apothecien, oder auf diesen letzteren selbst. Zweifelhaft dagegen ist das Vorkommen von Spermogonien auf der Apotheciumscheibe.

Die Spermogonien sind in der Regel viel kleiner als die Schlauchfrüchte; nur bei wenigen Flechten erreichen sie die Größe dieser letzteren (so bei gewissen pyrenocarpischen Formen).

Eine Umbildung von Spermogonien in Schlauchfrüchte konnte mit Sicherheit bis jetzt nur für Physma compactum nachgewiesen werden.

Der V. Abschnitt handelt von accessorischen Inhaltskörpern der Spermogonien. Als solche lernten wir Algenzellen und Kalkpartikelchen kennen, die jedoch beide von sehr untergeordneter Bedeutung sind.

Der VI. Abschnitt handelt von den physiologischen Eigenschaften der Spermogonien.

In dem ersten Teil dieses Abschnittes sahen wir, wie die Lagerung der Spermogonien am Thallus stets vom Lichte abhängig ist. Thallusteile, die nur teilweise belichtet werden können, sind stets nur an den belichteten Stellen mit Spermogonien ausgerüstet. (Polster bildende Cladonien, Blatt- und Krustenflechten, Ramalina scopulorum, Parmelia lanata.) An allseitig belichteten Thallusteilen dagegen sind die Spermogonien auch allseitig verteilt. (Roccella tinctoria, Stereocaulon incrustatum.)

Der zweite Teil des VI. Abschnittes behandelt die Stoffwechselprodukte der Flechtenspermogonien. In erster Linie kommen hier die sogenannten «Flechtensäuren» in Betracht, von welchen jedoch nur drei auch für Flechtenspermogonien auf mikrochemischem Wege nachgewiesen werden konnten: Die Flechtenchrysophansäure für Xanthoria parietina, X. lychnea, Physcia decipiens, Ph. elegans und Placodium fulgens. Das Calycin für Candelaria concolor und Callopisma vitellinum und die Psoromsäure für Placodium alphoplacum. Diese drei Flechtensäuren sind bei genannten Arten ausschließlich auf die Spermogonienrinde beschränkt, die mit der atmosphärischen Luft in direkter Berührung steht.

Abgesehen von den wenigen bekannten chemischen Körpern kommen noch andere, bis jetzt nicht näher definierbare Stoffe in den Flechtenspermogonien vor, was aus den vielen verschiedenartigen Farbenreaktionnen geschlossen werden darf, die ich mit Kalilauge, konzentrierter Schwefelsäure, Salzsäure und Salpetersäure bei einer ganzen Reihe von Spezies erzielte.

Übersicht des untersuchten Flechtenmaterials.

Es dürfte nicht überflüssig sein, die von mir untersuchten Flechten ihrer Herkunft nach aufzuzählen, zumal nicht jeder Standort spermogonienhaltiges Material liefert. Eine größere Artenzahl verdanke ich der gütigen Mitteilung von *Prof. Dr. W. Zopf* in Halle a. S., sowie Herrn *Dr. F. Arnold* in München. Einige schöne, besonders tropische Objekte durfte ich dem an Flechten reichen Heidelberger Universitätsherbar entnehmen. Alle übrigen Arten, denen kein Finder beigesetzt ist, wurden — sofern sie einheimisch sind — von mir selbst gesammelt. Folgender Aufzählung liegt das System von *Tuckerman* zu Grunde.

Tribus I. Parmeliacei.

Usneei:

Roccella tinctoria *Ach.*, von den kanarischen Inseln. Combea mollusca *(Ach.) Nyl.*, an Felsen des Vorgebirges der «guten Hoffnung» (leg. *Zeiyher*). Ramalina scopulorum *(Ach.) Retz.*, von der Insel Koön bei Marstrand in Schweden (leg. *G. Blomberg*). Nr. 864 in den Lichenes europaei von *Rabenhorst*. R. carpatica *Kbr.* auf Gneißfelsen von Liptau in Ungarn (leg. *Lojka*). Evernia Trulla *(Ach.) Nyl.*, an Bäumen bei Colima in Mexiko (leg. *Kerber*). Alectoria tristis *Fr.* vom Taegistenberg in Schweden (leg. *G. Blomberg*) und von Granitfelsen der Brockenkuppe im Harz.

Parmeliei:

Xanthoria parietina *Th. Fr.*, an alten Weiden am Ufer der Elster bei Beesen unfern von Halle a. S. X. lychnea *Th. Fr.*, an Pappeln bei Schierke im Harz. Candelaria concolor *Dicks.*, aus dem Grödener Thal in Tirol (leg. *W. Zopf*) und an Fichtenbecken bei Kupferberg unfern Kulmbach in Oberfranken. Platysma Fahlunense *Ach.*, von Granitfelsen der Brockenkuppe im Harz. Parmelia tiliacea *Ach.*, an der Rinde von Kirschbäumen auf dem Hetzles bei Erlangen. P. caperata *(L.) Ach.*, von Baumrinde im Grödener Thal bei St. Ulrich in Tirol (leg. *W. Zopf*), P. hottentotta *Ach.*, von Silo in Südafrika (leg. *Breutel*). P. Acetabulum *Dub.*, an Baumrinde bei Bismark in der Altmark (leg. *W. Zopf*), P. pulverulenta *Fr.*, an Straßenpappeln bei Schleißheim unfern von München. P. aspidota *Ach.*, an dürren Baumästen bei München (leg. *F. Arnold*), P. conspersa *Ach.*, auf Porphyrfelsen bei Cröllwitz in der Nähe von Halle a. S. und auf Kreidesandsteinblöcken bei Gößweinstein im Frankenjura. P. encausta *(Smflt.) Nyl.* auf Buntsandsteinfelsen vom Gipfel der Hornisgrinde im Schwarzwald. P. stygia *(L.) Ach.* und P. lanata *Fr.*, beide von Granitfelsen der Brockenkuppe im Harz. Anaptychia ciliaris DC., an Ahornbäumen bei Elend im Harz. Physcia speciosa *(Wulf) Nyl.*, an Ahornbäumen am Plansee in Nord-Tirol (leg. *F. Arnold*). Ph. endococcina *Kbr.* auf Sandsteinfelsen bei Pettnen in Tirol (leg. *W. Zopf*). Ph. aquila *Fr.*, aus Schweden (leg. *Hellbom*). Ph. caesia *(Hoff.) Nyl.*, auf Porphyr am Petersberg bei Halle a. S. Ph. tenella *Scop.*, am Grunde von Apfelbäumen zwischen Dernburg und Heudeber am Harz. Ph. stellaris *L.* an Straßenpappeln unfern von Tennenlohe bei Erlangen. Ph. elegans *Lk.*, von St. Anton in Tirol (leg. *W. Zopf*). Ph. decipiens *Arn.* auf Muschelkalkplatten bei Cöllme unfern von Halle a. S. Ph. murorum *Hoff.*, ebendaher.

Umbilicariei:

Umbilicaria pustulata *Hoff.*, auf Sandsteinfelsen bei Plagwitz in Schlesien (leg. *Dressler*) und auf Granitfelsen aus dem Murgthal im Schwarzwald. Gyrophora cylindrica *(L.) Ach.* aus dem Riesengebirge (leg. *W. Zopf*) und von Granitfelsen der Brockenkuppe im Harz. G. esculenta Myioshi aus Japan (leg. *Myioshi*).

Peltigerei:

Sticta pulmonacea *Ach.*, von Zitzikamma in Süd-Afrika. St. linita *Ach.*, an Bäumen bei der Jamthalhütte in der Nähe von Galtür in Tirol (leg. *F. Arnold*). St. herbacea *Huds.*, von Cherbourg (leg. *Le Jolis*). St. amplissima *Scop.* von Briequebec im Dep. manche (leg. *Lenormand*). St. Wrightii *(Tuck.) Nyl.* von Berch-

tesgaden in Ober-Bayern (leg. *v. Krempelhuber*). St. damaecornis *Ach.* var. canariensis *Mont.*, von Madeira (leg. *Holl.*). Nephromium laevigatum *Ach.*, an Baumstämmen bei Lofer in Tirol (leg. *W. Zopf*). N. l. var. parile *Ach.* von Ferwall in Tirol (leg. *W. Zopf*). Peltigera rufescens *Hoff.* vom Arlberg in Tirol (leg. *W. Zopf*) und auf Malmkalk bei Streitberg im Frankenjura.

Collemei:

Lichina pygmaea *Ag.* von der Insel Jersey (leg. *Kny*). Collema multifidum *(Scop.) Kbr.* auf Malmfelsen bei Streitberg im Frankenjura.

Lecanorei:

Placodium saxicolum *Poll.*, auf einer Brückenmauer aus Sandstein zwischen Nietleben und Halle a. S. P. circinatum *Pers.*, auf Porphyrfelsen bei St. Ulrich in Tirol (leg. *W. Zopf*). P. radiosum *Hoff.*, auf Sandstein bei Unter-Rißdorf unfern von Eisleben in Sachsen (leg. *W. Zopf*). P. melanaspis *(Ach.) Th. Fr.*, auf Porphyrfelsen bei St. Ulrich im Grödener Thal in Tirol (leg. *W. Zopf*). P. alphoplacum *Whlbg.*, auf Granit vom gleichen Standort wie vorige. P. chrysoleucum *Kbr.*, auf Sandstein bei Pettnen im Stanzer Thal in Tirol (leg. *W. Zopf*). P. (= Ricasolia) candicans *Kbr.*, auf Dolomitfelsen des Kemmitzensteins bei Schwabthal unfern von Staffelstein im Frankenjura. P. (= Psoroma) lentigerum DC., auf Dolomitsand bei Hilpoltstein im Frankenjura. P. Lagascae *Fr.*, auf Dolomit bei Wolkenstein im Langethal in Tirol (leg. *W. Zopf*) und von Montpelier (leg. *Theobald*). P. fulgens *DC.*, auf Muschelkalk von Cöllme bei Halle a. S. P. gypsaceum *Kbr.*, auf Kalk bei Zirl in Tirol (leg. *W. Zopf*). Lecanora subfusca *Ach.* var. allophana *Ach.*, an alten Weidenbäumen bei Horschdorf im Frankenjura. Callopisma vitellinum *Ehrh.*, auf Porphyrfelsen bei Cröllwitz nächst Halle a. S. und auf Eichenholzbrettern an der Regnitzbrücke bei Erlangen. Pertusaria communis *DC.* var. rupestris *DC.* auf Kreidesandstein zwischen Geschwand und Biberbach im Frankenjura.

Tribus II. Lecideacei.

Cladoniei:

Stereocaulon incrustatum *Flk.*, am Rande von Berghalden bei Mies in Böhmen (leg. *Lukasch*). Cladonia Papillaria *Ehrh.* auf sandigem Waldboden bei Kosbach nächst Erlangen.

Lecideei:

Thalloëdema candidum *(Ach.) Kbr.*, auf Kalkfelsen bei Schwabthal unfern von Staffelstein im Frankenjura. Th. coeruleo-nigricans *Lightf.*, auf Kalk bei St. Ulrich in Tirol (leg. *W. Zopf*) und auf Dolomitsand bei Hilpoltstein im Frankenjura. Psora testacea *Hoff.*, auf Kalkfelsen in einer feuchten Schlucht bei Weidmannsgesees unfern von Pottenstein im Frankenjura. Ps. decipiens *Kbr.*, auf nacktem Kalkboden bei Oberfellerndorf im Frankenjura. Ps. lurida *(Ach.) Krb.*, an Kalkfelsen auf der Rothwand in den bayerischen Alpen.

Tribus III. Graphidacei.

Lecanactidei:

Lecanactis abietina *(Ach.) Kbr.*, an Fichten bei Oberammergau in Oberbayern (leg. *Schnabl*).

Opegraphei:

Opegrapha vulgata *Ach.*, an Baumrinde bei München (leg. *F. Arnold*).

Arthoniei:

Leprantha cinereo-pruinosa *Kbr.* an Fichten bei Oberammergau in Oberbayern (leg. *F. Arnold*).

Tribus V. Verrucariacei.

Endocarpei:

Endocarpon fluviatile *DC.*, aus der Ilse bei Harzburg im Harz. E. rivulorum *Arn.*, aus einem Alpenbachbett im Rendelthal bei St. Anton am Arlberg (leg. *W. Zopf*). E. miniatum *Ach.*, auf Malmkalk bei Gräfenberg im Frankenjura. Endopyrenium rufescens *Kbr.*, von St. Jakob bei Gröden in Tirol (leg. *W. Zopf*).

Verrucariei:

Pyrenula nitida *Weig.*, an Buchenrinde in der Altmark (leg. *P. Sydow*).

Verzeichnis der citierten Litteratur.

Acharius, E., Lichenographia universalis. Gottingae 1810, mit 14 Tab.

Arnold, F., Zur Lichenenflora von München (in den Berichten der bayerischen bot. Gesellschaft 1891).

de Bary, A., Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze, Mycetozoen und Bakterien. Leipzig 1884.

Bauke, H., Beiträge zur Kenntnis der Pykniden, mit 6 Tafeln. (In den Verhandlungen der Kais. Leop. Karol. deutsch. Akademie der Naturforscher, XXXVIII. Band. Dresden 1876.)

Bornet, Ed., Recherches sur les gonidies des lichens (Annales des sciences naturelles botaniques, V. série, tome XVII). (Citiert als *Bornet* I.)

Bornet, Ed., Recherches sur la structure de l'Ephebe pubescens *Fr.* (Annal. d. scienc. nat., III. sér., tome XVIII. Paris 1852). (Citiert als *Bornet* II.)

Brefeld, O., Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze. Heft IV. Leipzig 1881.

Cramer, C., Über das Verhältnis von Chlorodictyon foliosum *J. Ag.* und Ramalina reticulata (Noehden) *Krplhb.* (Berichte der schweizerischen botanischen Gesellschaft, Heft I, Basel 1891).

Crombie, J. M., A Monograph of Lichens found in Britain. London 1894.

Darbishire, O. V., Die deutschen Pertusariaceen mit besonderer Berücksichtigung ihrer Soredienbildung, mit 39 Textfiguren. (In Englers bot. Jahrbüchern, Heft 4—5, 1897.)

Dillenius, Jac., Historia muscorum. London 1763, mit 85 Kupfertafeln.

Eidam, Über Spermogonien auf Lupinenstengeln (56. Jahrb. der Schles. Ges. f. vaterl. Kult. Breslau 1879).

Fünfstück, M., Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Lichenen (Jahrb. d. kgl. bot. Gartens zu Berlin, Band III, 1884 mit 3 Tafeln).

Istwanffi, G. v., Über die Rolle der Zellkerne bei der Entwicklung der Lichenen-Pilze (in den Ber. der deutsch. bot. Ges. 1895).

Krabbe, G., Entwicklungsgeschichte und Morphologie der polymorphen Flechtengattung Cladonia. Leipzig 1891, mit 12 Tafeln.

Lindsay, W. L., Memoir on the Spermogones and Pycnides of Filamentous, Fruticulose and Foliaceous Lichens (Transactions of the Royal Society of Edinburgh 1859. Vol. XXII, part. I). (Citiert als *Linds.* I.)

Lindsay, W. L. Memoir on the Spermogones and Pycnides of Crustaceous Lichens (Transactions of the Linnean Society of London, Vol. XXVIII, 1870). (Citiert als *Linds.* II.)

Lindsay, W. L., Observations on New-Zealand Lichens (Transactions of the Linnean Society of London, Vol. XXV, Pars III, 1865).

Möller, A., Über die Kultur flechtenbildender Askomyceten ohne Algen. Münster i. W. 1887.

Nylander, W., Synopsis methodica Lichenum, Paris 1858/59 (citiert als *Nyl.* I).

Nylander, W., Quelques observations sur le genre Coenogonium (Annales des sciences naturelles botaniques. IV. sér., tome XVI). (Citiert als *Nyl.* II.)

Nylander, W., Les Lichens des environs de Paris. Paris 1896.

Ráthay, E., Untersuchungen über die Spermogonien der Rostpilze. (In den Denkschr. der mathem.-naturwissensch. Klasse zu Wien, 46. Band.)

Reinke, J., Abhandlung über Flechten. Abteil. IV. Skizzen zu einer vergleichenden Morphologie des Flechtenthallus. (Pringsheims Jahrb. für wissensch. Botanik, Band 28.)

Schwendener, S. Untersuchungen über den Flechtenthallus (in Naegelis Beiträgen zur wissenschaftlichen Botanik). Leipzig 1860 und 1868.

Stahl, E., Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Flechten, Heft I u. II.

Tavel, F. v., Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Pyrenomyceten, Bot. Zeit. 1886.

Tuckerman, Ed., Genera Lichenum, an Arrangement of the North American Lichens, Amherst 1872.

Tulasne, M., Memoire pour servir à l'histoire organographique et physiologique des Lichens p. II. Des spermogonies (Annales des sciences naturelles, III. sér., tom. XVII).

Tulasne, M., Selecta Fungorum Carpologia, 3 Bände. Paris 1861—1865.

Wainio, Ed., Étude sur la classification naturelle et la morphologie des Lichens du Brésil (Acta Societatis pro Fauna et Flora Fennica, vol. VII, Helsingfors 1890).

Wainio, Ed., Monographia Cladoniarum universalis, pars I und II (Acta Societatis pro Fauna et Flora Fennica, vol. IV und X, Helsingfors 1887 u. 1894).

Zopf, W., Die Conidienfrüchte von Fumago. Mit 8 Tafeln (Verhandlungen d. Kais. Leop. Karol. deutschen Akad. d. Naturf., Band 40).

Zopf, W., Die Pilze in morphologischer, physiologischer, biologischer und systematischer Beziehung. Breslau 1890.

Zopf, W., Zur Kenntnis der Stoffwechselprodukte der Flechten. (Beiträge zur Physiologie und Morphologie niederer Organismen, Heft V, 1895.)

Zopf, W., Über eine neue, auch mikrochemisch verwendbare Reaktion des Calycins (Zeitschr. f. wissenschaftl. Mikroskopie u. f. mikr. Technik, Band IX, 1895).

Zopf, W., Zur Kenntnis der Flechtenstoffe. Abhandl. III u. IV. (Justus Liebigs Annalen der Chemie. 295. Band.)

Flechten-Register*)

der im Abschnitt I—VI genannten Gattungen und Arten. f. heißt «und die folgende», ff. «und die folgenden Seiten». Die Cursiv gesetzten Seitenzahlen beziehen sich auf den Basidienapparat.

*) Die jeweilige Seitenzahl bezieht sich nur auf den Sonderabzug, also nur auf die mit einer Klammer versehene Seitenzahl.

Verzeichnis der Textfiguren.

Figurenerklärung zu Tafel II und III.

Tafel II mit Fig. 1—27.

Fig. 1. Ein Stückchen eines kreisrunden Thallus von Physcia endococcina. Die reich verzweigten Thalluslappen sind nach außen zu mit vielen Spermogonien bedeckt, die je nach ihrem Alter kleinere und größere schwarze Punkte vorstellen. Außerdem sind nach dem Centrum des Thallus zu zehn Apothecien sichtbar, von denen die drei jüngsten nach der Peripherie zu gelegen sind. 11 mal vergrößert.

Fig. 2. Alectoria tristis, Habitusbild. Der kräftige Ast rechts trägt terminal ein vierseitiges Apothecium mit ungleichmäßig gewölbter Schlauchschicht. Die übrigen Äste zeigen seitlich kleine, schwach höckerförmige Spermogonien. 5 mal vergrößert.

Fig. 3. Querschnitt durch einen bilateralen, etwas zusammengedrückten Thallusast von Alectoria tristis, der ein randständiges und ein flächenständiges Spermogonium trägt. 48 mal vergrößert.

Fig. 4. Längsschnitt durch ein submarginales, quer elliptisch erscheinendes Spermogon von Psora lurida *Kbr*. Die nach oben zu gelegenen Algenzone (= A) zieht sich z. T. über das Spermogon hin. 144 mal vergrößert.

Fig. 5. Endopyrenium rufescens *Kbr.*, eine Gruppe von Thalluslappen. Die weißlichen Ränder der Lappen sind aufwärts gebogen und tragen die marginal oder submarginal aufsitzenden Spermogonien. Die über den Thallus zerstreuten kleinen Punkte stellen die Mündungen der in den Thallus eingesenkten Perithecien dar. 6 mal vergrößert.

Fig. 6. Längsschnitt durch ein Thallusläppchen von Endopyrenium rufescens, das rechts ein submarginales, bereits geöffnetes Spermogon trägt und links ein tangential angeschnittenes Perithecium. 48mal vergrößert.

Fig. 7. Thalluslappen von Platysma Fahlunense. Die Spermogonien sitzen zum Teil am Rande der Läppchen, zum Teil auf ihrer Oberfläche, und stellen halbkugelige oder eiförmige, schwarzbraune Gebilde vor. 12mal vergrößert.

Fig. 8. Querschnitt durch den radiär gebauten flach gedrückten Thallusast von Ramalina scopulorum. Zwei Spermogonien sind den Flanken, das dritte der einen belichteten Flachseite des Thallus eingesenkt. 30mal vergrößert.

Fig. 9. Querschnitt durch einen radiär gebauten Thallusast von Parmelia lanata, dem seitlich ein kugeliges Spermogon eingesenkt ist. 48mal vergrößert.

Fig. 10. Habitusbild eines Thallusläppchens von Candelaria concolor *Dicks.* mit 3 warzenförmigen Spermogonien besetzt. 16mal vergrößert.

Fig. 11. Ein mit vielen halbkugelig erscheinenden Spermogonien verschiedenen Alters besetzter Thalluslappen von Sticta herbacea *Huds.* Oben zwei jugendliche Apothecien. 3mal vergrößert.

Fig. 12. Medianer Längsschnitt durch ein Spermogon von Sticta herbacea, das in eine kugelige Thallusanschwellung eingelassen ist. Im Centrum ein großer, unregelmäßiger Hohlraum, der ganz mit Spermatien angepfropft war. 48mal vergrößert.

Fig. 13. Habitusbild eines Thalluslappens von Placodium fulgens, besetzt mit halbeingesenkten Spermogonien, die teilweise zu warzenförmigen Spermogonien etwas hinneigen und von diesen letzteren auch äußerlich nicht zu unterscheiden sind. An den älteren Früchtchen ist auch ein unregelmäßiges Ostiolum zu sehen. 16mal vergrößert.

Fig. 14. Längsschnitt durch ein halb eingesenktes Spermogon von Thalloëdema coeruleo-nigricans, das sich bereits oben geöffnet hat. 144mal vergrößert.

Fig. 15. Medianer Längsschnitt durch zwei reife, freie, sitzende Spermogonien von Platysma Fahlunense; beide haben sich bereits mit einem Ostiolum geöffnet. 192mal vergrößert.

Fig. 16. Längsschnitt durch ein junges, aber reifes Spermogon von Psora testacea *Hoff.*, dessen Umrißlinie noch keine tiefgehenden Ein- und Ausbuchtungen zeigt. Das schwach labyrinthartige Lumen, das mit Spermatien angefüllt ist, ist etwas dunkler gehalten als die nächste Umgebung. 144mal vergrößert.

Fig. 17. Längsschnitt durch ein älteres Spermogon von Psora testacea. Die Umrißlinie zeigt mehrere tiefe Cäsuren, die durch gefördertes Wachstum gewisser Teile des Spermogoniums entstanden sind. Auch das ebenfalls dunkel gehaltene Lumen des Spermogoniums hat bedeutend an Umfang zugenommen im Vergleich zu voriger Fig. 144mal vergrößert.

Fig. 18. Längsschnitt durch ein Thallusästchen von Stereocaulon incrustatum *Flk.* mit vier Spermogonien. Die Gestalt der Früchtchen ist, stets in Übereinstimmung mit der jeweiligen Höhlung, eine sehr verschiedenartige. 48mal vergrößert.

Fig. 19. Längsschnitt durch ein reifes Spermogon von Peltigera rufescens. In die einfache centrale Höhlung ragen die radiär stehenden Sterigmen (= S). O bezeichnet diejenige Stelle, von der sich das Ostiolum bilden wird. AR = äußere Rindenschicht; IR = innere Rindenschicht; G = Gonidienschicht; M = Markgewebe. 192mal vergrößert.

Fig. 20. Stadium I. Erste Anlage des Spermogoniums von Parmelia Acetabulum, bestehend aus einem Hyphenknäuel, der nach oben mit der Thallusrinde in direktem Zusammenhang steht. Die den Knäuel zusammensetzenden Hyphen sind zum Teil quer, zum Teil schräg durchschnitten, und erscheinen im ersten Fall als rundliche Zellen, im letzteren als längliche. Die Anlage wird beiderseits und nach unten zu von dunkel gezeichneten Gonidien umgeben. 910 mal vergrößert.

Fig. 21. Stadium II. Eine etwas ältere Spermogoniumanlage von Parmelia physodes im Längsschnitt. Die viereckigen oder rechteckigen Zellchen der Anlage sind deutlich radiär angeordnet. Die Anlage wird zum Teil von Algen umgeben, zum Teil sind solche in dieselbe eingeschlossen. An derjenigen Stelle, in der die Radien konvergieren, liegt zufällig eine isolierte Alge. Die Thallus-Rinde, welche das Primordium bedeckt, ist bereits etwas gebräunt. 450 mal vergrößert.

Fig. 22. Stadium III. Die peripheren Elemente des Primordiums lassen eine weitergehende Teilung in radialer und tangentialer Richtung erkennen, die vielen schmalen, radiär gerichteten Zellreihen der Peripherie des Primordiums werden später in Basidien umgewandelt, welche Sterigmen erzeugen. In dem centralen Teil des Primordiums ist bereits durch Intercellularenbildung eine Lockerung der Elemente eingetreten. Die Stelle, an der sich das Ostiolum bildet, ist bereits dunkler geworden und hat vertiefte Lage angenommen. 450 mal vergrößert.

Fig. 23. Stadium IV. Die Elemente des Primordiums (von Parm. physodes) sind im centralen Teil bereits auseinander gewichen, sodaß verschieden große Intercellularen zu stande kommen. Die peripheren Elemente sind ebenfalls radiär angeordnet und schließen noch fest zusammen. Oben schließt die Anlage eine isolierte Algenzelle ein. Die Rinde über der Anlage ist ebenfalls gebräunt. 450 mal vergrößert.

Fig. 24. Längsschnitt durch ein reifes Spermogon von Parmelia Acetabulum. Die Conidienstände bilden ein dichtes Hymenium, das gleichmäßig die innere Spermogonienwandung auskleidet und eine große, eiförmige, centrale Höhlung einschließt. Die schwach entwickelte Wandung ist farblos und in der Zeichnung fein punktiert. Das Mark erscheint infolge seines reichen Luftgehaltes dunkel. 600 mal vergrößert.

Fig. 25. Längsschnitt durch ein reifes Spermogon von Parmelia physodes. Die innere Wandung wird von einem Hymenium dicht gedrängter Conidienstände überkleidet, die überragt werden von großzelligen, nach der Peripherie zu verzweigten Hyphensystemen, sog. «sterilen Fäden». Im übrigen siehe den Text. 450 mal vergrößert.

Fig. 26a und b. Stadium I. Längsschnitt durch ein jugendliches Spermogon von Sticta linita, welches aus einem eikugeligen Gewebekörper besteht. Zu beiden Seiten reicht die Algenzone an die Anlage heran; unten wird sie vom Markgewebe begrenzt; und am oberen Rand ist eine vereinzelte Algenzelle in das Gewebe mit eingeschlossen. Über dem Primordium erscheint die Thallusrinde etwas papillenförmig vorgezogen. 600 mal vergrößert.

Fig. 27. Stadium II. Längsschnitt durch ein jugendliches Spermogon von Sticta linita, bestehend aus einem runden Körper eng zusammenschließender Zellen. Im unteren Teil ist die Anordnung dieser eine regellose, während sie nach der Peripherie zu deutlich radiäre Reihen bilden. Die Lage des künftigen Ostiolums ist bereits an dem kleinen Einschnitt über dem Primordium zu erkennen. 192 mal vergrößert.

Tafel III mit Fig. 28—48.

Fig. 28. Stadium III. Längsschnitt durch ein jugendliches Spermogon von Sticta amplissima. Die Anlage ist ein niedergedrückter Gewebekörper, der von zahllosen, sehr schmalen Intercellularen netzartig durchbrochen ist. Die schwarz gehaltenen Intercellularen sind fast alle in die Länge gestreckt, radiär angeordnet und ihre Größe nimmt vom Centrum nach der Peripherie allmälig ab. Die Conidienbildung ist an diesem Objekt noch nirgends eingetreten. 60 mal vergrößert.

Fig. 29. Längsschnitt durch ein reifes, dem aufgerichteten Thallusrand eingesenktes Spermogon von Collema multifidum. Das Netzwerk schließt gestreckte, radiär gerichtete Maschen ein, die im Centrum am umfangreichsten sind und nach der Peripherie hin an Größe abnehmen. Zu äußerst bleiben die Netzhyphen miteinander verschmolzen zu einem parenchymatischen Wandbelag ohne Intercellularen. 192 mal vergrößert.

Fig. 30. Längsschnitt durch ein reifes Spermogon von Sticta Wrightii. Das Netzwerk, an dem die Spermatien erzeugt werden, ist ziemlich engmaschig, gleichmäßig und erfüllt das ganze Früchtchen. 144 mal vergrößert.

Fig. 31. Eine Gewebepartie mit mehreren noch ansitzenden Spermatien aus dem Spermogon von Sticta linita. Die nach oben (dem Centrum des Spermoniums) zu gelegenen Maschen sind größer und breiter als die nach unten zu liegenden. Der der Spermogonienwandung zu unterst sitzende Teil des Gewebes ist mehr solid und umschließt einige schmale, kleine Kämmerchen, die ebenfalls Spermatien erzeugen können. 600 mal vergrößert.

Fig. 32. Ein Stückchen des centralen Spermogoniumgewebes von Sticta linita, ebenfalls mit noch einigen anhaftenden Spermatien. 900 mal vergrößert.

Fig. 33. Stadium I. Jugendliches Spermogon von Anaptychia ciliaris, bestehend aus einem kugeligen Gewebekörper parenchymatischer, polygonaler Zellen, die zahlreiche Öltröpfchen einschließen. Auch sind zufällig drei Algenzellen, zwei nach oben, und eine weit links, in das Primordium mit eingeschlossen. 600 mal vergrößert.

Fig. 34. Stadium II. Jugendliches Spermogon von Anaptychia ciliaris, bestehend aus einem eiförmigen, kompakten Gewebekörper, der durch sein starkes Wachstum in vertikaler Richtung am Thallus bereits einen beträchtlichen Höcker erzeugt hat. Die Elemente des Primordiums zeigen im peripheren Teil deutlich eine radiäre Anordnung, die jedoch im Centrum unkenntlich wird. 192 mal vergrößert.

Fig. 35a und b. Stadium III. Längsschnitt durch ein reifes Spermogon von Anaptychia cilaris (a). Das Spermogoniumgewebe ist grau gehalten, während die Intercellularen und Höhlungen, in denen die Spermatien erzeugt werden, schwarz gehalten sind. Im centralen Teil verläuft von oben nach unten ein sehr großer, unregelmäßiger Hohlraum, an den sich nach der Peripherie zu schmale, zum Teil radiär verlaufende Intercellularen anschließen. 192 mal vergrößert.

Fig. 36. Stadium IV. Längsschnitt durch ein reifes, älteres, aber noch reichlich Conidien erzeugendes Spermogon von Anaptychia ciliaris. Der Basidienapparat bildet hier ein sehr lockeres, weitmaschiges Netzwerk, das im peripheren und im centralen Teil viele festere Gewebskomplexe einschließt, die dunkel gehalten sind, und von denen die Basidienhyphen ausstrahlen. 144 mal vergrößert.

Fig. 37. Längsschnitt durch eine Spermogonanlage von Endocarpon rivulorum *Arn.*, bestehend aus zartwandigen, polygonalen Zellen, die mit körnigem Plasma erfüllt sind. Rechts und links von der Anlage sind isolierte Algenzellen und rechts auch einige Algenzellgruppen sichtbar. 600mal vergrößert.

Fig. 38. Längsschnitt durch ein reifes Spermogon von Xanthoria parietina. Das ganze Früchtchen ist erfüllt von einem festen Gewebekörper, der viele, kleine Kämmerchen einschließt, und außerdem eine etwas excentrisch gelegene Gruppe von 4 Algenzellen. An der Peripherie des Spermogoniums sind sechs, voneinander entfernte Algengruppen sichtbar. 192mal vergrößert.

Fig. 39—41. Längsschnitte durch reife Spermogonien von Endocarpon rivulorum, in Fig. 40 ist außerdem links ein tangential angeschnittenes Perithecium zu sehen. Die Spermogonien in Fig. 39 und 40 sind noch geschlossen; das in Fig. 41 zeigt einen trichterartig klaffenden Spalt, der durch Absterben des Spermogoniumgewebes nach und nach entstanden ist. Die Spermatienkämmerchen sind zum Teil klein und zahlreich (in Fig. 41), zum Teil aber größer und verzweigt (in Fig. 39 und 40). Fig. 39 ist 192mal, Fig. 40 und 41 sind 144mal vergrößert.

Fig. 42—44. Längsschnitte durch reife Spermogonien von Psora decipiens *Kbr.*, welche die Umbildung der einkammerigen in die mehrkammerige Spermogonienhöhlung veranschaulichen sollen. In 42 hat die Faltenbildung des Hymeniums eben erst begonnen, in 43 ist sie weiter fortgeschritten und noch weiter in 44. In 43 und 44 überkleidet das Hymenium bereits deutliche Gewebepolster, die von der Wandung her entspringen und gleich dieser aus dickwandigen, polygonalen Zellen bestehen. In dem linken Spermogon von Fig. 43 ist eine Hymenialfalte der Quere nach durchschnitten, die als ein isoliertes, rings mit Hymenium umgebenes Gewebestückchen erscheint, und deren parietale Ansatzstelle nicht in die Schnittfläche gefallen ist. Die Spermogonien in 42 und 43 haben sich bereits mit einem rißartigen Ostiolum geöffnet. Fig. 42 und 43 sind 192mal und Fig. 44 ist 63mal vergrößert.

Fig. 45 und 46. Zwei Längsschnitte durch reife Spermogonien von Placodium alphoplacum, die dem nämlichen Thallus angehörten und ebenfalls die Umwandlung der einkammerigen in die mehrkammerige Spermogonienhöhlung veranschaulichen können. In Fig. 45 ein jüngeres, aber reifes Spermogon mit langgestreckter, einkammeriger Höhlung, die umschlossen wird von einem einfachen, noch nicht gefalteten Hymenium, das einer ziemlich dicken Wandung ansitzt. In Fig. 46 ein älteres Spermogon mit labyrinthartiger Höhlung. Das Hymenium überkleidet mehrere kleine parietale Gewebepolster und ein sehr großes, das von oben nach unten zu verläuft. Beide Figuren sind 450mal vergrößert.

Fig. 47 und 48. Längsschnitt (Fig. 47) und Querschnitt (Fig. 48) durch ein reifes Spermogon von Lichina pygmaea. In Fig. 48 ist das Hymenium bedeutend stärker gefaltet als in 47. In dem rechten Teil des Spermogoniums von Fig. 48 sind außerdem zwei scheinbar isolierte Hymenialkämmerchen vorhanden, die aber nichts weiter sind als quer durchschnittene Kanäle, welche durch Faltenverschmelzung entstanden sind, und deren Kommunikationsstelle mit dem übrigen Lumen zufällig nicht in die Schnittfläche gefallen ist. Beide Figuren sind 144 mal vergrößert.



Über die Verbindungen zwischen Geißel und Kern bei den Schwärmerzellen der Mycetozoen und bei Flagellaten; und über die an Metazoen aufgefundenen Beziehungen der Flimmerapparate zum Protoplasma und Kern.

Von Henrique Plenge.

Mit einer Tafel.

Im Wintersemester 1896—1897 war ich beschäftigt mit Studien über die Geißeln von Flagellaten und wollte versuchen, die daran von mehreren Forschern, vor allem *Kunstler* (1882 u. 1889), *Löffler* (1889), *Fischer* (1894), gefundenen Strukturen nachzuprüfen. Zum Zwecke der Züchtung hatte ich einige Heuinfuse angesetzt, in denen sich eine große Menge von Protozoen und Bakterien entwickelten. Nach etwa 14 Tagen krochen an der Glaswand des Gefäßes einige Myxomyceten aus, die zum Teil nach einigen weiteren Wochen Sporangien bildeten. Ich erstreckte meine Untersuchungen dann auf die Geißeln der aus den Mycetozoensporen sich entwickelnden Schwärmerzellen. Mir waren diese Objekte dadurch von um so größeren Interesse, als ich kurz zuvor auf der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Frankfurt a. M. 1896 in der patholog.-anatom. Sektion die Mitteilung *Nauwerck*'s mit anhörte, der in einem Falle Mycetozoen in den Nieren des Menschen nachweisen zu können glaubte. Auch ist aus früheren Mitteilungen bekannt, daß die Mycetozoen besonders in ihren niederen Formen als Parasiten den Wasserpflanzen sehr gefährlich werden, und neuerdings sind Mycetozoen als Parasiten an Kartoffeln und anderen Pflanzen beschrieben worden. *Zopf* (1883, 1885) gibt außerdem an, einen Schleimpilz in den Muskeln des Schweines gefunden zu haben.

Mein diesen Schwärmerzellen zugewandtes Interesse fand sich in unerwarteter Weise dadurch belohnt, daß ich an diesen Zellen ein eigentümliches und charakteristisches Verhältnis zwischen dem Kern und der Geißel feststellen konnte, das, soviel mir bekannt geworden ist, bisher in der Litteratur nicht in dieser Weise beschrieben wurde.

Seit den Untersuchungen von *De Bary* (1859), *Cienkowsky* (1863a) u. a. werden die Schwärmerzellen der höheren Mycetozoen dargestellt

als nackte, einzellige Gebilde, die in gewissen Stadien am vorderen Ende eine ziemlich lange und kräftige Geißel besitzen. Mit dieser bewegen sie sich entweder freischwimmend in sehr charakteristischer Weise fort, oder aber sie kriechen nach Art der Amöben auf einer festen Unterlage dahin, wobei sie meistenteils die Geißel nach vorn unbeweglich ausstrecken. Außer der Geißel ist in ihnen ein, am vorderen von hellerem Protoplasma gebildeten Ende befindlicher, Kern und neben anderen Vakuolen eine am hinteren Ende auftretende kontraktile bekannt. Bevor durch *De Bary* (1859) ihre Beziehung zum Entwicklungskreise der Mycetozoen festgelegt wurde, waren sie zu den Monaden gerechnet worden.

Bei der Untersuchung dieser Gebilde fiel mir bei gewissen Färbungen schon bei schwachen Vergrößerungen (Seibert Obj. IV, Okul. II) auf, daß von der Basis der Geißel eine etwa birnförmige Masse ins Innere der Schwärmerzelle sich fortsetzte, in deren Innerem der Kern zu liegen schien (Fig. 1). Diese Beobachtung bestätigte sich bei genauerer Untersuchung vollkommen. Immer findet man bei diesen Schwärmerzellen, solange sie eine Geißel tragen, den Kern nicht nur nahe dem Ansatzpunkte derselben gelegen, sondern in inniger Verbindung mit ihr. Wenn die Schwärmerzelle in den Amöbenzustand übergeht, in dem sie keine Geißel besitzt, sondern nur Pseudopodien aussendet, dann rückt der Kern in die Mitte des Zellleibes und die Zelle verhält sich in allem wie eine einfache Amöbe.

Es galt nun, die gefundene Verbindung zwischen Geißel und Kern auch am lebenden Objekte festzustellen. Dies gelang vollständig, nachdem die anfänglichen Schwierigkeiten und Mißerfolge überwunden waren bei dem Bestreben, das Objekt, um jeden Druck auszuschließen, im hängenden Tropfen mit Apochromat-Immersions-Systemen (*Seibert* 2 mm und *Zeiß* 2 mm, Apert. 1.30 u. 1.40) zu beobachten. Es ist dazu nötig, ein möglichst dünnes Deckgläschen so vorzubereiten, daß ein die Schwärmerzellen enthaltender Kulturtropfen sich in möglichst dünner Schicht auf dem Glase ausbreitet. Wenn die Flüssigkeitsschicht zu dick ist, gelingt es nicht, das Objektiv nahe genug an das Objekt heranzubringen. Man ist dann auf die zufällig am Deckglase haftenden Zellen angewiesen, und das ist sehr störend, solange die Schwärmer nicht in sehr großer Anzahl in den Kulturen vorhanden sind. Außerdem sind dann alle freischwimmenden Schwärmer ganz von der Beobachtung ausgeschlossen [1].

[1]) Als einfachstes Verfahren, meinen Zweck zu erreichen, bot sich mir folgendes dar: Ein in absolutem Alkohol einige Tage aufbewahrtes, möglichst dünnes Deck-

Die Schwärmerzellen der Mycetozoen bewegen sich in dem Flüssigkeitstropfen in mäßig lebhafter Bewegung auf verschiedene Weise:

Zu einem großen Teile schwimmen sie in der Flüssigkeit frei umher. Die Zelle ist dabei in die Länge gestreckt, die Geißel geht an dem, in der Bewegungsrichtung vorderen, etwas zugespitzten Ende ab. Nach dem Hinterende zu wird die Zelle allmählich breiter, verjüngt sich im letzten Fünftel wieder etwas und rundet sich am Hinterende ab. Die Schwärmer machen, wie *De Bary* (1884) und *Zopf* (1885) sehr treffend beschreiben, «kegelmantelartig rotierende Bewegungen», wobei der Körper sich zugleich, wie mir scheint, um seine Längsachse dreht. Das breitere Hinterende bildet die Spitze des Kegelmantels, das Geißelende beschreibt den weitesten Kreis. Trotz der an sich ziemlich lebhaften Bewegung ist der Weg, den die Schwärmer in der Zeiteinheit zurücklegen, nicht groß; wenigstens im Vergleich zu den oft in demselben Tropfen zu beobachtenden Flagellaten und Infusorien. Beobachtet man die Zellen zwischen Deckglas und Objektträger, indem das Deckglas durch Wachsfüßchen gestützt wird, und ist der Flüssigkeitsraum sehr eng, so kann man manchmal auch freischwimmende Schwärmer beobachten, bei denen der größte Teil der Geißel ruhig vorgestreckt ist und nur etwa das vordere äußerste Viertel derselben die zur Fortbewegung dienlichen lebhaft peitschenden oder rotierenden Bewegungen macht. Man sieht dann manchmal, wie durch einen stärkeren Schlag eines größeren Geißelabschnittes nach einer Seite die Bewegungsrichtung geändert wird.

Andere Schwärmer haften mit dem hinteren runden Ende an der Glaswand fest an, während die Geißel mitsamt dem vorderen Ende lebhaft trichterförmige Bewegungen vollführt. Oft beteiligt sich daran der größte Teil des Zellleibes.

Wieder andere bewegen sich, und oft in großer Zahl, gleitend, an der Glaswand oder an der freien Oberfläche des Tropfens entlang, langsam vorwärts in einer ziemlich gleich bleibenden Richtung, die wiederum durch die Geißel bestimmt wird. Der Körper behält im Großen und Ganzen die oben beschriebene Form bei. Das Hinter-

glas wird sauber abgetrocknet, dann zwischen den Fingerspitzen mit einer Spur reinen Glycerins gerieben bis fast zur Trockne und mit einem sauberen weichen Tuche vorsichtig gereinigt. Es gelingt auf diese Weise, eine äußerst dünne und gleichmäßige Schicht aus einem Tropfen Kulturflüssigkeit herzustellen, indem man die überschüssige Flüssigkeit abgießt. Dies ist mir nicht so sicher gelungen, solange ich die Deckgläser nach dem Alkohol nur mit Wasser abrieb.

ende erscheint dabei oft wie mit Zotten besetzt, meistenteils bedingt durch anhaftende Fremdkörperchen, Bacillen und dergl. Man hat dabei den Eindruck, daß die Geißel sich bei dieser Art der Fortbewegung nicht als Bewegungsorgan beteilige, die Bewegung vielmehr durch Protoplasmaströmung hervorgebracht wird, wie das ja in ganz ähnlicher Weise an manchen Amöben zu beobachten ist, die zeitweise gleichsam nur ein Pseudopodium aussenden und, durch Nachströmen des Protoplasma in dieses, in der Richtung dieses Fortsatzes gleichmäßig vorwärtsgleiten. Ich konnte manchmal ganz deutlich eine ganz ähnliche Strömung auch an den Schwärmern beobachten, allerdings nur in dem hinteren körnchenführenden Körperteile. Der vordere Teil unter der Geißel läßt derartiges nicht erkennen. Diese bleibt bei dieser langsamen Vorwärtsbewegung starr vorgestreckt oder schwingt sehr langsam, wie suchend und tastend, hin und her; nicht selten macht der vorderste Zellenabschnitt diese Bewegungen mit.

Endlich findet man oft Schwärmerzellen, die, ohne bemerkbare Ortsveränderungen zu vollführen, Pseudopodien nach verschiedenen Richtungen ausgesendet haben. Die Geißel vollführt lebhaftere oder langsamere Bewegungen; sie schwingt aber nicht, wie in den bisher beschriebenen Fällen, von einer bestimmten Stelle der Körperoberfläche aus, sondern wechselt ihre Abgangsstelle. Ihr Fußpunkt wandert an der Oberfläche des Schwärmerleibes entlang, ohne daß in diesem eine lebhaftere Strömung beobachtet werden könnte. Während also sonst durch den Abgangspunkt der Geißel ein vorderes und damit ein hinteres Ende bestimmt ist, fällt jetzt jede derartige Differenzierung fort. Die Schwärmerzelle sieht den als Mastigamöben beschriebenen Protozoen vollständig gleich aus. Sie geht aber nach kürzerer oder längerer Zeit wieder zu einer der anderen geschilderten Bewegungsarten über.

Zur Beobachtung der Verhältnisse im Innern des lebenden Objekts eignen sich nur die beiden zuletzt aufgezählten Fälle, da in den ersteren beiden die Bewegungen für ein sicheres Erkennen der uns interessierenden Teile meist zu lebhaft sind. Bei einer einigermaßen ruhigen Zelle sieht man bei Beobachtung mit Ölimmersions-Apochromat 2 mm und Okular 12 folgendes:

Unmittelbar unter der Geißelbasis, die durch ein kleines etwas dickeres Körnchen bezeichnet ist, findet sich regelmäßig ein hellerer Bezirk im Zellkörper, der sich sowohl gegen das dunklere, innere und hintere Körnchenplasma, als gegen den helleren umgebenden äußeren Protoplasmasaum mit einer feinen Kontur scharf absetzt.

Er stellt sich dar als ein Bläschen, das nach der Geißelbasis zu in eine Spitze ausgezogen ist, und endigt unmittelbar an der Geißelbasis; er hängt an ihr, wie eine Seifenblase an dem Strohhalm, mittels dessen sie aufgeblasen worden ist. Das Bläschen hat etwa die Gestalt einer Birne, ist auch meistens gleich dieser im mittleren Drittel etwas verjüngt, nach der Geißelbasis zu wieder etwas dicker, bevor es in die Spitze ausläuft. In dem tiefsten, breitesten Teile des Bläschens, also im hinteren Drittel, findet sich regelmäßig, etwa central gelegen, ein ziemlich großer, stark lichtbrechender, grau und kugelig erscheinender Körper (Fig. 2, 3). Dieser stark lichtbrechende Körper ist, wie die weiteren Darlegungen ergeben werden, der Kernbinnenkörper.

Sehr interessant waren die Beobachtungen, die ich vielfach an Schwärmerzellen machen konnte, deren Verhalten dem oben an letzter Stelle geschilderten entsprach, die also mit der Hauptmasse des Körpers etwa an derselben Stelle blieben, und bei denen nur die Geißel in mehr oder weniger lebhafter Thätigkeit war und oft in kurzer Zeit mit ihrer Abgangsstelle um den ganzen, ziemlich unverändert bleibenden Zellrand herumwanderte. Dabei verschwindet die Geißelbasis nicht aus der eingestellten Ebene. Der geschilderte birnförmige helle Raum mit dem eingeschlossenen Kernkörper wandert immerfort mit. Man sieht ihn in den äußeren Schichten des Protoplasma hinter der Geißelbasis herziehen, und seine ausgezogene Spitze stets mit jener in Verbindung, wobei er oftmals ziemlich stark in der Längsrichtung ausgezogen und zugleich schmäler wird. Er legt sich dabei mit einem Seitenrande dicht an die äußere Zellgrenze an und scheint mit seiner Masse den körnigen Zellinhalt zu verdrängen. Zeitweilig ist er etwas tiefer in das körnige Protoplasma eingesenkt und nimmt eine mehr radiäre Stellung ein, sich zugleich der Kugelgestalt oder, im optischen Querschnitte, der Kreisform mehr annähernd. Dabei hebt er sich dann um so schärfer von dem ihn jetzt allseitig umgebenden Körnchenplasma ab, gewöhnlich noch von einem hellen Saum umgeben.

Ich möchte hier nochmals betonen, daß der Zellleib als Ganzes genommen keine oder nur sehr geringe Bewegungen ausführte und seine Gestalt dann nur sehr langsam und allmählich änderte, so daß ein Irrtum ausgeschlossen erscheint in der Hinsicht, daß etwa das oben beschriebene Bild vorgetäuscht wurde durch amöboide Gestaltsveränderungen und Strömungen des Protoplasma der Zelle um die mehr oder weniger festliegende Geißelbasis herum. Es sieht im Gegenteil

vollständig so aus, als ob die Geißelbasis das Bläschen hinter sich herziehe. Wodurch freilich die Bewegung des Geißelfußpunktes bedingt wird, konnte ich nicht beobachten. Jedenfalls gibt der ganze geschilderte Vorgang ein gutes Bild und einen bemerkenswerten Beweis für den innigen Zusammenhang und die feste Verbindung zwischen Geißelbasis und Kern.

An mehreren Schwärmerzellen mit der gleichen Bewegungsart konnte ich eine weitere interessante Beobachtung über die Entstehung von Pseudopodien unmittelbar an und neben der Geißel machen, die ich in einigen Skizzen festzuhalten versuchte (cf. Fig. 3 a, b, c). Die Geißel machte längere oder kürzere Zeit hindurch mäßig lebhafte Schwingungen, blieb auch wohl kurze Zeit ganz ruhig, um dann plötzlich, blitzartig zur Seite zu schnellen, indem sie dabei für einen Moment aus dem Gesichtskreise verschwand. Das helle, aus Verbindungsstück und Kern gebildete Bläschen wurde dabei so gekrümmt oder krümmte sich so, daß die Verbindungslinie von der Geißelbasis zum Mittelpunkte des Kernbinnenkörpers einen Kreisabschnitt darstellte, manchmal sogar einen Halbkreis. Diese Krümmung glich sich alsbald wieder aus. An der Stelle, welche vorher die Geißelbasis im Gesichtsfelde einnahm, blieb in den besprochenen Fällen ein außerordentlich feines, spitzes, aus sehr hellem Protoplasma gebildetes Pseudopodium zurück von etwa derselben Dicke wie die Geißel und von wechselnder Länge, manchmal bis etwa der halben Geißellänge und länger. Das Pseudopodium bestand eine Zeitlang fort und wurde dann langsam eingezogen. Die Geißel trieb indes in alter Weise an einer anderen Stelle der Körperoberfläche ihr Spiel. An einem Individuum konnte ich im Laufe der Beobachtung vier solcher feiner Pseudopodien in ziemlich kurzer Zeit nacheinander an verschiedenen Stellen entstehen sehen (cf. Fig. 3 a, b, c). Dieselben erhielten sich eine Zeitlang nebeneinander in verschiedener Längenausdehnung. Eigenschwingungen kommen an diesen Pseudopodien nicht vor, diese kommen nur der Geißel zu. Letzthin fielen mir jedoch einige solcher Pseudopodien bei wiederholter Nachprüfung obiger Beobachtung auf, welche lebhaft zitternde bis schlängelnde Bewegungen zu vollführen schienen. Ich konnte mich jedoch überzeugen, daß am Ende des feinen Pseudopodium ein kleines Bakterium saß von der gleichen Art, wie sie sonst massenhaft und in lebhafter Bewegung begriffen in der Kultur vorkamen; und, daß dieses allmählich durch Verkürzung des Pseudopodium herangezogen und der Zelle einverleibt wurde. Ich deute mir also diese Beobachtung so, daß die Bewegung

des Pseudopodium nur eine mitgeteilte war von dem anklebenden kleinen Bakterium aus. Sieht man doch auch sonst häufig in den Kulturtropfen unter dem Mikroskope verhältnismäßig große Gebilde, z. B. Cysten oder Sporen irgend welcher Art, von winzig kleinen bakterienähnlichen Gebilden bewegt werden.

Lachmann (1858—1859) beobachtete an Podostoma, *Bütschli* (1878) bei Amoeba radiosa, die beide Forscher für der erstgenannten Form sehr nahestehend oder gleich erachten, geißelartige schwingende Bewegungen der unzweifelhaften Pseudopodien, welche bei *Bütschli* besonders die Enden der letzteren betrafen; es trat dabei eine schlingenförmige Umbiegungsstelle am Ende dieser Pseudopodien auf.

Gruber (1888) beschreibt die Strahlen seiner Polymastix sol als feine Pseudopodien, die sich durch schlängelnde und schlagende Bewegungen als geißelartig darstellen. Durch sie wird der Organismus in langsame Drehungen versetzt. *Bütschli* (Infus. 1887—1889) faßt *Gruber*'s Form gleich diesem als identisch mit Multicilia *Cienkowsky* auf und bezeichnet ihre Strahlen als flagellenartige Cilien, also nicht als Pseudopodien. Für diese letztere Beschaffenheit der Strahlen bringt *Gruber* aber auch keinen schlagenden Beweis. Außerdem führt *Lankester* (1897) an, daß die Pseudopodien der Chlamydomyxa manchmal leichte Schwingungen vollführten. Ferner wendet sich *O. Zacharias* (1888/89) gegen einen Ausspruch von *Gruber* (1888), daß man noch keine Pseudopodien gesehen habe, die sich vollkommen wie Geißeln verhielten, indem er auf seine früheren Mitteilungen über die Spermatozoen von Polyphemus pediculus hinweist, die in 3%iger Kochsalzlösung zu Spermamöben wurden: «sie schwangen die längeren Pseudopodien hin und her, streckten neue Fäden hervor und bewegten sich auf diese Weise ziemlich rasch vom Orte». Diese Pseudopodien verhalten sich nach *Zacharias* also vollkommen wie schlagende Geißeln. Mit 5%igem phosphorsaurem Natron behandelt, nehmen die Spermatozoen Kugelgestalt an, «bedecken sich auf der ganzen Oberfläche mit kurzen (aber schneller schlagenden) Fortsätzen, so daß ein Wesen zustande kam (Fig. 4E), welches man, wenn man ihm freilebend begegnete, ohne weiteres in die Gattung Polymastix *Grub.* einstellen würde». Wie weit aber diese künstlich mit starken Salzlösungen hervorgerufenen Zellfortsätze mit normalen Bildungen verglichen werden dürfen, ist wohl fraglich.

Wie ich oben beschrieben habe, macht die Entstehung der besprochenen spitzen, feinen Pseudopodien den Eindruck, als ob

die Geißel aus dem als Pseudopodium zurückbleibenden Protoplasma herausgeschnellt würde. Ich glaube, daß man diese Entstehungsweise wohl erklären und die Beobachtung als richtig annehmen kann, wenn man sich, und wohl mit Recht, vorstellt, daß das Protoplasma dieser Schwärmer einen ziemlich flüssigen Aggregatzustand besitzt und die Geißel ihrem Hauptteil nach eine festere Modifikation darstellt. Die gleiche Annahme wurde ja schon von *Brandt*, *Bütschli* u. a. für den Achsenfaden der Pseudopodien der Heliozoen gemacht und noch neuerdings spricht sich *Lankester* (1897) in einer Mitteilung über die den Mycetozoen nahestehende Chlamydomyxa montana dahin aus, daß die Filamente der Strahlen «inert products» einer Metamorphose des Protoplasma sind, von einer gewissen Dauerhaftigkeit, die außerdem aber leicht resorbiert werden können. Nach einer Anhangsnote ist er geneigt anzunehmen, «that such an elastic filament, one sided in position, must be present also in all cilia and other forms of vibratile protoplasma». Die Bewegung soll durch begleitendes Protoplasma entstehen. Die gleiche Ansicht hat Herr Professor *Bütschli* schon bei Beginn meiner Untersuchungen verschiedentlich mir gegenüber ausgesprochen.

Eine andere Entstehungsweise der oben beschriebenen Pseudopodien wäre die, daß an der Geißel entlang außerordentlich rasch Protoplasma als Pseudopodium vorströmen würde. Ich meine aber, daß man davon bei genauer Beobachtung etwas hätte sehen müssen. Die Bildung ist überdem eine so plötzliche, daß mir die oben geschilderte Entstehungsart, die mit der Beobachtung besser übereinstimmt, als die wahrscheinlichere erscheint.

Neben den an der Geißel entstehenden feinsten Pseudopodien sieht man kürzere und breitere häufig an anderen Körperstellen in der gewöhnlichen Art entstehen und vergehen. An der Geißel aber konnte ich noch eine weitere bemerkenswerte Bewegungserscheinung am lebenden Objekt verfolgen, nachdem durch konservierte Präparate meine Aufmerksamkeit einmal darauf gelenkt war: in gewissen Fällen verlängert sich die Geißel dadurch, daß ihre Basis scheinbar über den Rand des Protoplasmaleibes hinausgeschoben wird. Auch diese Bewegung macht das anhängende Bläschen mit, auch dieses wird scheinbar über den Zellrand vorgeschoben, streckt sich ganz in die Länge, wobei es viel schmäler wird und eine langkegelförmige, größtenteils fast cylindrische Gestalt annimmt. Manchmal wird die Geißel so weit vorgeschoben, daß nur noch ein äußerst kleiner Teil des Bläschens die Verbindung mit dem Zellleib herstellt und durch eine

kleine Einkerbung von ihr abgegrenzt wird (cf. Fig. 14). Es war in diesen Fällen oft nicht möglich, einen besonderen Protoplasmasaum um den Kern und die Kern-Geißel-Brücke wahrzunehmen, obgleich ein solcher wohl sicher vorhanden sein muß. Bei dieser Art der Anordnung, die oft längere Zeit hindurch bestehen bleibt, macht das besprochene in die Länge gezogene schmale Bläschen, das jetzt gleichsam das untere Stück der Geißel bildet, die Schwingungen der Geißel mit und krümmt sich in sich hin und her. Der der Unterlage anhaftende Zellkörper ist dabei oft mehr kugelig zusammengezogen und zeigt keine weitere Bewegung.

Ich hatte einmal das Glück, den umgekehrten Verlauf dieses Vorganges im Leben zu beobachten, wie es der Vergleich der Skizzen Fig. 2 a, b darstellen soll. Der birnförmige Körper trat anfangs ein Stück weit über den Zellrand hinaus und wanderte dann auf einmal, ziemlich plötzlich, ein Stück weiter in das Innere der Zelle, die Geißel nach sich ziehend und einen Protoplasmafortsatz zurücklassend, der die früher scheinbar von dem Bläschen gebildete Außenlinie der Zelle beibehielt. Ganz ausschließen kann ich leider bei dieser Beobachtung die Möglichkeit einer teilweisen Überlagerung nicht, obgleich der ganze Vorgang sich abspielte, ohne daß der birnförmige Körper aus der eingestellten Ebene verschwand. Bemerkenswert bleibt das Zurücklassen des Protoplasmafortsatzes, von dem ich ganz bestimmt glaube behaupten zu dürfen, daß er nicht durch Vorströmen des Protoplasma wie bei einer gewöhnlichen Pseudopodienbildung entstand, sondern dadurch, daß der Raum, den das Bläschen vorher einnahm, durch Plasma ausgefüllt wurde, indem der vorher schon bestehende Zellrand beibehalten wurde (cf. die unten citierten Angaben *Frenzel*'s). Soviel scheint mir durch diese Beobachtung ganz außer allen Zweifel gesetzt, daß der birnförmige Körper immer bis zum eigentlichen Beginne der Geißel innerhalb des Protoplasma liegt, wenn auch manchmal der Überzug bis zur Unsichtbarkeit dünn wird. Die weiter oben mitgeteilten Beobachtungen würden dafür sprechen, daß auch die Geißel noch mindestens eine Strecke weit von Protoplasma überzogen ist, so daß man etwa einen Achsenfaden und einen Protoplasmamantel oder eine Art Flossensaum an ihr zu unterscheiden hätte. Ich möchte hier noch anfügen, daß ich kürzlich mit *Zeiss* Apochromat 2 mm Apert. 1.40 am lebenden Objekte deutlich beobachten konnte, daß die Geißel nicht drehrund ist im Querschnitt, sondern längsoval, fast bandförmig. Es traf sich, daß ich einige sehr langsam schlagende Geißeln beobachten konnte, die in einer zum Objektträger senkrechten Ebene

ihre Ausschläge machten, so daß ich den optischen Querschnitt der Geißel einstellen konnte.

Wie schon oben mehrfach erwähnt, unterliegt das spitz ausgezogene Bläschen an der Geißel gewissen Gestaltsveränderungen, indem es länger und schmäler oder kürzer und runder werden, außerdem seitlich gekrümmt werden kann. Ich konnte bemerken, daß dies auch unabhängig von den Geißelbewegungen der Fall sein kann. Meistens aber behält der helle Raum vorne in der Zelle seine Gestalt bei und nur die Geißel schwingt mehr oder weniger lebhaft hin und her: entweder als Ganzes gleich einer schwanken Gerte oder aber in mannigfachen Schlängelungen oder in Wirbeln resp. Wirbeltrichtern. Dabei macht es den Eindruck, als wenn sie an dem Basalkörperchen wie in einem Kugelgelenk eingelenkt sei. Ganz ähnliches beschreibt *Kunstler* (1882) von Flagellaten-Geißeln, indem er auf Seite 21 sagt: «c'est à leur point d'insertion que leurs mouvements paraissent principalement localisés, et ils pivotent sans cesse sur le bourgeon charnu qui les supporte, toute d'une pièce, comme s'ils y étaient articulés».

Während es mir lange Zeit hindurch nie gelingen wollte, im Leben eine Struktur in dem Bläschen zu erkennen, dessen Inhalt bis auf den Kernbinnenkörper immer ganz homogen erschien, wollte es mir neuerdings, wo ich *Zeiß* Apochr. 2 mm 1.40 zur Verfügung hatte, erscheinen, als ob ich eine ganz feine Wabenstruktur zu erkennen vermöchte. Auch glaubte ich einmal deutlich gesehen zu haben an einer Geißel, die ich lange Zeit sehr langsam schlagend beobachten konnte, wie jedesmal bei der Krümmung an ihrer konkaven Seite dunkle Pünktchen in regelmäßigen Abständen auftraten.

Über die Art der Hervorbildung der Geißel konnte ich bisher trotz eifrigen und wiederholten Suchens nach geeigneten Stadien keine Beobachtung machen. Den Verlust der Geißel dagegen sah ich manchmal unter dem Mikroskop vor sich gehen. Ich habe dabei jedoch niemals etwas von einer Aufrollung in der Art, wie sie *Fischer* für Flagellaten beschreibt, oder von Bläschenbildung gesehen. Die Geißel schien sich manchmal um den ganzen Zellkörper herumzulegen und war dann nicht mehr zu unterscheiden. Der Kern rückte mehr in die Mitte der Zelle. Ein anderes Mal beobachtete ich einen Schwärmer, der sich lange Zeit in der Richtung der Geißel fortbewegte und das gewöhnliche Aussehen bot. Dann plötzlich änderte er die Bewegungsrichtung und bewegte sich umgekehrt amöbenartig, indem der Kern mehr in die Mitte rückte und die Geißel nachgeschleppt wurde. Ich konnte eine Zeitlang die starr nach hinten

ausgestreckte Geißel an der kontraktilen Vakuole entlang laufend verfolgen. Dann war sie, wie in den eben citierten Fällen, ohne eine Spur zu hinterlassen, verschwunden. Jedenfalls wurde sie nicht abgeworfen, sonst hätte man sie liegen sehen. Ich konnte bei der letzteren Beobachtung noch eine Zeitlang amöboide Bewegungen der nunmehr geißellosen Zelle beobachten, dann aber trocknete das Präparat leider ein. Ich weiß also nicht, wie weit der Vorgang dem normalen Verhalten entspricht.

An den gefärbten Präparaten von abgetöteten Schwärmern ließen sich einige weitere Strukturverhältnisse nachweisen, zu denen ich jetzt übergehen möchte, nachdem ich zuvor über die angewandten Methoden berichtet habe.

In der ersten Zeit verfuhr ich so, daß ich einen mit der Pipette entnommenen Tropfen Kulturflüssigkeit auf einem Objektträger oder lieber auf einem Deckgläschen in dünner Schicht ausbreitete und mit Osmiumdämpfen abtötete oder durch Vermischung mit einem Tropfen 1%iger Osmiumsäurelösung in Wasser. Vorher überzeugte ich mich, daß die Schwärmer in lebhafter Bewegung waren, denn sie kontrahieren sich oftmals nach der Überführung zunächst zu unbeweglichen Kugeln. Dann legte ich das Deckgläschen, mit Wachsfüßchen an den Ecken versehen, auf den Objektträger auf und ließ dann unter dem Deckglase zunächst Wasser, darnach die verschiedenen Farbflüssigkeiten durchfließen. Dabei ging freilich oftmals trotz aller Vorsicht sehr viel von dem vorher noch vorhanden gewesenen Material verloren. Außerdem war das Verfahren sehr zeitraubend. Später benutzte ich einen Hinweis von *Lister* und verfuhr in folgender Weise: Ich ließ den durch Osmiumdämpfe oder durch Vermischung mit einer anderen Fixierungsflüssigkeit abgetöteten Tropfen so weit an der Luft abdunsten, bis nur noch eine ganz kleine Spur Flüssigkeit zurückblieb. Dann kamen die Deckgläschen oder die Objektträger für 24 Stunden in eine Schale mit absolutem Alkohol, dem etwas Jodtinktur zugesetzt wurde, falls Sublimat vorher verwendet worden war. Auf diese Weise werden die meisten, in dem Kulturtropfen enthalten gewesenen Schwärmer auf dem Glase sehr schön fixiert und können, ohne große Gefahr des Abspülens, mit Wasser und Farbflüssigkeiten in der gewöhnlichen Weise wie aufgeklebte Schnitte behandelt werden. Nur muß man Sorge tragen, daß die Präparate nicht wirklich eintrocknen. In letzter Zeit hatte ich zeitweise sehr reichlich Schwärmerzellen enthaltende Kulturen zur Verfügung, in denen aber auch sehr reichlich Bakterien vorhanden waren. Hier

habe ich die Präparate nicht erst abdunsten lassen, sondern nur eine kurze Zeit lang gewartet, bis zu vermuten war, daß der größte Teil der Schwärmer, soweit sie nicht an sich an der Glaswand hafteten, zu Boden gesunken war. Im Alkohol wurde dann der größte Teil der noch im Tropfen schwebenden Bakterien abgespült, und doch blieb Schwärmermaterial genug haften.

Außer Osmiumsäure in Lösung und in Dampfform haben mir kaltgesättigte Sublimatlösung in Wasser oder in 0.5%iger Kochsalzlösung, *Hermann*'sche Flüssigkeit und Pikrinschwefelsäure die besten Dienste geleistet. Weniger gute Erfolge hatte ich mit Pikrinessigsäure, Alkohol oder dünner Chromsäurelösung. Letztere ließ sich wieder besser verwenden bei Zusatz von einigen Tropfen 1%iger Osmiumsäurelösung.

Die Deckgläschen wurden vor dem Auflegen immer mit Wachsfüßchen versehen.

Die besten Resultate verdanke ich der Anwendung der *Heidenhain*'schen Färbungsmethode mit $1^1/_2$—2%iger Eisenalaunlösung und $^1/_2$%iger Hämatoxylinlösung in Wasser. Um Niederschläge zu vermeiden, spülte ich dazwischen mit destilliertem Wasser kurz ab. Dieser Methode verdanke ich auch zunächst die ganze Beobachtung. Ich wendete sie zuerst an in der Hoffnung, auf diese Weise Geißel und Kern in einem Objekt beobachten zu können, indem ich durch eventuelle Differenzierung den Übelstand zu vermeiden wünschte, den die Anwendung von stark färbenden Anilinfarbstoffen mit sich bringt, daß nämlich bei guter Geißelfärbung der ganze Zellkörper so intensiv gefärbt ist, daß man nichts Näheres unterscheiden kann. Auch hatten Karbolfuchsin und Gentianaviolett z. B., die man zum Zweck der Geißelfärbung in starker Konzentration und mit langer Färbungsdauer anwenden muß, für meine damaligen Untersuchungen den großen Übelstand, daß sie gar zu leicht allerfeinste Farbtropfenbildungen zurücklassen, die durch Anlagerung an die feinen Geißeln Trugbilder hervorrufen können, besonders solange ich unter dem Deckglas färbte. Bringt man dann durch dünnen Alkohol diese Tropfen weg, so hat auch die Färbung der Geißeln an Intensität verloren.

Nebenbei möchte ich hier bemerken, daß die Tropfenbildungen oft so außerordentlich fein sind, daß man bei der Beobachtung der Geißel allein fest überzeugt ist, eine Körnchenstruktur oder Querstreifung der Geißel, wie sie *Kunstler* (1882 u. 1889) beschreibt, vor sich zu haben und keine Auf- oder Anlagerungen. Erst durch die genaue Durchmusterung der Umgebung kommt man auf den wahren Sach-

verhalt. Ich möchte daher davor warnen, die mit diesen Farbstoffen an Geißeln erhaltenen Bilder ohne weiteres als bindend anzusehen.

Bei der Kontrolle der Färbung unter dem Mikroskop sieht man bei Anwendung ziemlich schwacher Systeme schon in der Eisenalaunlösung den besprochenen birnförmigen Körper als ein hellgelblich glänzendes Gebilde von dem übrigen Zellleib sich abheben (Fig. 1).

Nach Hinzufügen der Hämatoxylinlösung wird dieser Körper mitsamt der Geißel schwarz, bevor noch der übrige Zellleib sich zu färben beginnt. Man kann entweder die Färbung schon auf diesem Stadium unterbrechen, oder aber abwarten, bis nach einiger Zeit sich alles tief schwarz gefärbt hat, und durch Behandlung mit einer schwächeren Eisenalaunlösung bis zu dem gewünschten Stadium differenzieren in der Art, wie ja auch sonst die Methode geübt wird. Die Präparate eignen sich zur Untersuchung in Wasser und in Kanadabalsam; beides geschah meistens nebeneinander, ohne starke Unterschiede zu ergeben.

Bei der Beobachtung mit weit offener Blende sieht man die Geißel ziemlich dunkel gefärbt und an der Körperoberfläche in einem etwas dunkleren Knöpfchen endigend. Daran setzt sich das im Leben als helles Bläschen erscheinende Gebilde als ein birnförmiger Körper an, der oft in seiner ganzen Ausdehnung ziemlich gleichmäßig mittelstark gefärbt erscheint und regelmäßig in seinem am tiefsten in der Zelle liegenden Teile einen ziemlich großen, tief schwarz gefärbten Körper enthält, der schon bei der Untersuchung am lebenden Objekte sich durch sein stärkeres Lichtbrechungsvermögen auszeichnete. Es war zunächst nicht ganz sicher, ob dieser Körper den ganzen Kern oder nur einen Teil desselben darstelle. Nach Zuhülfenahme anderer Kernfärbungsmittel: *Delafield*'sches etwas angesäuertes Hämatoxylin, Boraxkarmin, verschiedene Anilinfarbstoffe in schwachen Konzentrationen, — stellte sich aber als ganz unzweifelhaft heraus, daß man es hier mit einem verhältnismäßig großen Kernbinnenkörper zu thun hat. Der ganze Kern besteht aus einem meist kugelförmigen Gebilde, das den breitesten Teil der Birne oder des Kegels vollständig ausfüllt, und stellt sich als ein sogenannter bläschenförmiger Kern dar. Er enthält in sich den Binnenkörper, der gut den halben Durchmesser des Kernes oder mehr hat und meist genau im Centrum desselben liegt. Die Kernkugel ist gegen das umgebende Protoplasma scharf, gegen die Verlängerung nach der Geißel deutlich abgesetzt. Der Kerninhalt zwischen Kernbinnenkörper und Kernmembran ist meistenteils etwas schwächer gefärbt als das Verbindungsstück zur

Geißel. Bei gut gelungener Färbung, am schönsten bei solcher mit *Delafield's* Hämatoxylin oder mit Boraxkarmin, nimmt man in dieser Zone deutlich eine sehr schöne und regelmäßige radiäre Struktur wahr zwischen Kernbinnenkörper und Kernwand. Der Binnenkörper erscheint meist als eine ganz homogene, sehr stark dunkel gefärbte Masse, doch kann man manchmal auch in ihm noch ein kräftiger gefärbtes, im Centrum gelegenes Körperchen und eine Andeutung radiärer Strahlen erkennen. Doch wird dies nur in sehr wenigen Fällen einigermaßen deutlich. Wenn man die Differenzierung der *Heidenhain*'schen Färbung sehr weit treibt, so erscheint manchmal das Centrum als ein kleines helles Bläschen, wie wenn der Binnenkörper auf dem optischen Querschnitte durchlöchert wäre.

Wir unterscheiden also an dem im Leben bis auf den Kernbinnenkörper ganz homogen erscheinenden, annähernd birnförmigen Bläschen zunächst zwei Teile: Im tiefsten Grunde den Kern als ein etwa kugelförmiges Gebilde und das von ihm zur Geißelbasis führende Verbindungsstück. Als dritter Teil würde sich das die Geißelbasis im eigentlichen Sinn bildende, meist dunkel, ähnlich dem Binnenkörper, gefärbte Kügelchen darstellen. Auch dieses scheint mir immer noch innerhalb des Zellprotoplasma zu liegen. Man sieht an gut gelungenen Präparaten an Zellen, die nicht zu sehr in die Länge gestreckt sind, den Protoplasmasaum meist noch etwas gegen die Geißelbasis und über das Kügelchen hinweg ansteigen.

Der ganze von der Geißelbasis ins Innere der Zelle sich erstreckende Körper ist in sehr vielen Fällen von dem übrigen Protoplasma noch durch einen hellen Saum, der der Begrenzung jenes Körpers parallel verläuft, geschieden. Bei gut gelungener Färbung, d. h. bei weniger starker Differenzierung oder bei Färbung mit Plasmafarbstoffen, kann man in ihm eine ganz regelmäßige einreihige alveoläre Struktur deutlich unterscheiden (Fig. 10, 11). Nach der *Bütschli*-schen Anschauungsweise erklärt sich dieses Bild leicht als ein Alveolarsaum, der sich immer zu bilden sucht, wo Protoplasma an festere oder regelmäßige Begrenzungsflächen anstößt. Ich konnte dasselbe Bild vielfach auch in der äußeren hellen Randzone des Protoplasma bemerken (Fig. 11).

Eine große Anzahl von Bildern spricht dafür, daß mit den beschriebenen die Strukturverhältnisse an unserem Objekte nicht erledigt sind. Wenn auch das Verbindungsstück meistenteils ziemlich einheitlich gefärbt ist, so treten daneben doch eine Unzahl von Bildern auf, die auf eine feinere Struktur in demselben hinweisen. Nur ist es

schwer, diese Bilder zu ordnen und die richtige Deutung für sie zu finden. Zunächst tritt sehr häufig im hinteren oder im mittleren Drittel eine mehr oder weniger deutliche dunklere Färbung hervor, so daß es im ersteren Falle aussieht, als ob dem Kerne eine Kappe aufsäße (Fig. 6, 7), im zweiten, als ob ein dunklerer Gürtel sich um die Mitte des Verbindungsstückes legte (Fig. 4). Wiederum in anderen Fällen zieht sich die Kernkappe in einen dunkleren Faden aus, der bis zur Geißelbasis führen kann (Fig. 6, 10).

Diese beiden Erscheinungen, Kappe und Gürtel, treten aber auch zusammen auf, so daß eine Art Kreuz entsteht, besonders wenn sich der dunklere Achsenfaden hinzugesellt (Fig. 10).

Dieses läßt sich dann manchmal auflösen in der Art, daß drei dunkle Streifen von der Kernoberfläche nach der Geißelbasis konvergieren, die an einer Stelle oder zweien ihres Verlaufes dickere Körnchen eingelagert enthalten und an denselben Stellen durch quere Streifen verbunden sind. Sie würden demnach ein Maschenwerk in dem Innern des Verbindungsstückes umgrenzen, durch dessen Mitte wahrscheinlich ein kräftigerer und irgendwie differenzierter Achsenfaden zieht. Dieser letztere tritt auch manchmal allein auf (Fig. 12), und ist manchmal bis an den Kernbinnenkörper zu verfolgen (Fig. 9). In anderen Fällen stellt sich das Verbindungsstück als eine einfache Reihe aufeinander gesetzter Bläschen oder Kügelchen dar.

Ganz merkwürdig und mit dem sonst gesehenen gar nicht im Einklange ist das Bild Fig. 13. In diesem Falle sah es aus, als wenn sich die Fortsetzung der Geißel in einer Spiraltour um den als Verbindungsstück bezeichneten Teil fortsetzte und sich in den Kernbinnenkörper einsenkte.

Wie wohl aus den Abbildungen zur Genüge hervorgeht und auch oben bei der Schilderung des lebenden Objektes ausdrücklich hervorgehoben wurde, ist die äußere Form des in Rede stehenden Körpers eine ziemlich verschiedene je nach dem Verhalten der ganzen Zelle. Manchmal ist er sehr lang gestreckt und verhältnismäßig schmal, manchmal sehr kurz und in der Kerngegend dick aufgetrieben mit ziemlich unvermitteltem Übergang von der Spitze zum breiten Teile. Außerdem kommen mannigfache seitliche Krümmungen oder leichte flache Einschnürungen vor. Es scheint dem Verbindungsstücke also eine gewisse, ziemlich ausgiebige Kontraktilität zuzukommen. Außerdem scheint dasselbe auch den Kern durch Zerren an der Kernmembran, wenn ich mich so ausdrücken darf, zu Gestaltsveränderungen zu zwingen. Je länger ausgezogen der sogenannte birnförmige Körper

ist, um so mehr längsoval erscheint der Kern und zwar pflegt die nach der Geißelbasis gekehrte Kernhälfte etwas mehr zugespitzt zu sein (Fig. 5, 7, 8). Manchmal sieht der Kern in diesem vorderen Teile wie seitlich zusammengepreßt oder in die Höhlung der Kappe aufgesogen aus (Fig. 7). Dieser Eindruck wird noch bestärkt dadurch, daß der Kernkörper nicht mehr in der Mitte liegt, sondern mehr nach hinten gerückt erscheint, indem die Maschen des Kerns radiär um den Kernbinnenkörper vom seitlichen Ansatz des Verbindungsstückes nach vorne in die Länge gezogen sind, die dahinter gelegenen dagegen in der gewöhnlichen Gestalt und Größe sich darstellen.

Es kommt vor, daß die Kernmembran dem Binnenkörper seitlich fest anliegt, so daß hier gar keine, nach hinten nur ganz kleine Maschen zu sehen sind, während nach vorne hin lange schmale Maschen sich zeigen.

Auch der Kernbinnenkörper macht diese Gestaltsveränderungen des Kernes in gewissem Grade mit, indem er ebenfalls oblonge Gestalten annimmt. Es kommt ihm also eine gewisse amöboide Beweglichkeit zu.

Die letztbeschriebenen Bilder treten besonders dann auf, wenn auch der ganze übrige Körper der Zelle stark in die Länge gestreckt erscheint.

Wie eng und dauerhaft die Verbindung zwischen Kern und Geißel in unserem Falle ist, dafür mag noch als Beweis angeführt werden, daß ich in einigen Präparaten, die längere Zeit nach der Färbung unter Deckglas in Wasser aufgehoben wurden und mehrfach untersucht worden waren, die Geißel samt dem Verbindungsstück und Kerne isoliert, oder vielleicht auch abgebrochen neben dem mehr oder weniger zerstörten Protoplasmakörper liegend fand. Ich habe auch hierfür eine Zeichnung gegeben (Fig. 8). Versuche, durch Macerationsmittel denselben Erfolg zu erzielen, sind bisher nicht geglückt.

Bezüglich der feineren Struktur der Geißel selbst sei noch bemerkt, daß ich in dieser Richtung bei unserem Objekte an den gefärbten Präparaten keine großen Erfolge aufzuweisen hatte. Wohl konnte ich mehrmals eine mehr oder weniger regelmäßige ganz feine Körnelung bemerken. Die Geißel schien an den dunkleren Punkten etwas dünner zu werden (Fig. 15b).

Im allgemeinen aber fand ich die Geißel immer gleichmäßig gefärbt mit fast parallel verlaufenden Seitenlinien, gegen das Ende zu sich ganz allmählich ein klein wenig verdünnend. Manchmal findet man auch zwei Geißeln von einer Basis ausgehend.

In vielen Fällen erschien der beobachtete Querschnitt der Geißel vollständig kreisrund, in anderen oval. Nach einigen Bildern könnte man einen Achsenfaden mit seitlichem bandförmigen Saume annehmen (Fig. 15a), doch möchte ich mich eines abschließenden Urteils hier noch enthalten.

In der mir bisher bekannt gewordenen Litteratur über die Mycetozoen oder Myxomyceten fand ich, wie oben schon bemerkt, keine Angabe darüber, daß bei den Schwärmerzellen derselben eine der geschilderten ähnliche Verbindung zwischen Geißel und Kern vorhanden sei; wohl aber darf man aus Andeutungen und Zeichnungen verschiedener Autoren erschließen, daß das Verhältnis bei allen mit einer Geißel versehenen Schwärmern von Myxomyceten dasselbe sein muß.

Schon *De Bary* und *Cienkowsky* und später *Zopf* gaben in ihren ausführlichen und eingehenden Untersuchungen ausdrücklich an, daß sich unter dem geißeltragenden Pol der langgestreckten Schwärmerzelle ein heller Raum findet, an dessen Grunde der Kern liegt, und daß dieser Befund für alle «einciligen» Schwärmerzellen maßgebend ist. Diesen schließen sich die späteren Untersucher an, ohne auf weitere morphologische Besonderheiten an den Schwärmerzellen einzugehen. Die meisten Untersuchungen beschäftigen sich mit den ausgebildeten Plasmodienstadien und auf diese scheint sich auch in der Hauptsache die lang bestehende Kontroverse zu beziehen, ob der stark lichtbrechende und stark färbbare sog. Binnenkörper der ganze Kern sei oder eine Art Nukleolus. In den neueren Arbeiten ist die letztere Ansicht vorherrschend.

Cienkowsky (1863 b) zeichnet in seiner Arbeit über das Plasmodium einige Bilder, die darauf hinzudeuten scheinen, daß er die Wanderung der Geißel mit dem Kerne gesehen hat (cf. seine Taf. XX, Fig. 7, 8, 23). Doch habe ich im Texte keine Andeutung darüber gefunden, ebensowenig wie von einer Verbindung zwischen Geißel und Kern.

Auch *Lister* (1893b) bestätigt den Befund über die gewöhnliche Lagerung des Kernes; ja er gibt sogar eine Zeichnung (Taf. XXXVI, Fig. 10a), aus der man einen, dem von uns geschilderten ähnlichen, Zusammenhang herauslesen könnte. Wenn er bei seinen mühevollen und bemerkenswerten Untersuchungen, die bei den Schwärmerzellen den Verlauf der Karyokinese vollständig festlegten, die Beziehung zwischen Kern und Geißel nicht fand, so kann das wohl nur an der für diese Zwecke unzulänglichen Färbungsmethode gelegen haben. Meine Versuche, mit dem von ihm eingeschlagenen Verfahren gute

Resultate zu bekommen, sind nicht gelungen. Außerdem mag seine Aufmerksamkeit durch die in Teilung begriffenen Zellen mehr in Anspruch genommen gewesen sein, die nach ihm die Geißel einbüßen.

In den Zeichnungen, die der neuesten über diesen Gegenstand erschienenen Arbeit von *C. O. Miller* (1898) beigegeben sind, ist der helle Raum um den Kern gegen das übrige Protoplasma scharf abgesetzt gezeichnet, so daß die Bilder den meinigen von ungefärbten lang ausgestreckten Zellen vollständig zu gleichen scheinen. Nur muß dabei bemerkt werden, daß bei ihm dieser Raum augenscheinlich aus mehr Bestandteilen besteht als das, was ich unter dem birnförmigen Bläschen verstehe, weil das umgebende Protoplasma mit hinzugezogen ist. Innerhalb seines hellen Raumes würde sich die irgendwie differenzierte Brücke zwischen Kern und Geißel befinden. Auch zeichnet *Miller* das Kernkörperchen so klein, wie ich es in meinen Präparaten nie gesehen habe, so daß ich annehmen möchte, daß das, was *Miller* als Kern zeichnet, nur dem Kernbinnenkörper entspricht, in welchem auch ich manchmal noch ein dunkleres Körperchen, von radiärer Zeichnung umgeben, wahrnehmen konnte.

Noch eine Angabe von *Zopf* (1885) mag hier ihren Platz finden, die für das Verhältnis zwischen Geißel und Protoplasma von Interesse ist. Er findet nämlich, daß bei einigen Schwärmerzellen der bei der Teilung auftretende lange und schmale Verbindungsfaden für den einen der Schwärmer als Geißel bestehen bleiben kann. Ich habe bisher nie das Glück gehabt, die Schwärmerzellen bei unzweifelhaften Vervielfältigungsstadien im Leben zu überraschen und konnte daher diese Angabe nicht nachprüfen. Unter meinen fixierten Präparaten befindet sich allerdings ein Exemplar, das vielleicht ähnliches darstellt (Fig. 16). Wir sehen zwei Schwärmerzellen durch einen protoplasmatischen Verbindungsfaden hintereinander geschaltet, der das, mit Bezug auf den Geißelansatz, hintere Ende der einen Zelle mit dem vorderen der anderen verbindet. Die Geißel der hinteren Zelle, die wie gewöhnlich mit dem Kern verbunden erscheint, liegt unmittelbar neben der Protoplasmabrücke und verläuft parallel mit ihr, nur durch einen ganz schmalen Spalt von ihr getrennt. Dieses Bild würde allerdings gegen *Zopf*'s Auffassung sprechen, wenn es das gleiche Stadium darstellt.

Physiologisch von Interesse sind die von *Cienkowsky* (1863) gemachten und von *Lister* (1893) bestätigten Angaben, daß das Vorderende der Schwärmerzelle zu der Nahrungsaufnahme in gar keiner Beziehung steht, soweit es sich um die zu beobachtende Aufnahme fester Bestandteile handelt. Diese wurde ursprünglich von *De Bary*

den Schwärmerzellen abgesprochen. Die festen Bestandteile werden immer von dem hinter dem hellen Raume am Vorderende der Zelle gelegenen Protoplasma nach Art der Amöben aufgenommen, indem sie von Pseudopodien angezogen oder umflossen werden. Ebenso geschieht die Abgabe fester Bestandteile an dem hinteren Teile. Auch das Zusammenlegen und Verschmelzen der Schwärmer zu Myxamöben vollzieht sich am hinteren Teile. Ebenso geht nach *Cienkowsky* beim Eindringen von Zoosporen in Algenzellen das hintere geißellose Ende voran, die Geißel wird nachgezogen [1]).

Miller (1898) beschreibt einen anderen Modus der Nahrungsaufnahme bei Schwärmern von Stemonites und Ceratium porioides und zwar bei Aufnahme von Bakterien und Karminkörnchen. Es soll sich manchmal in der unmittelbaren Nähe des Geißelansatzes, manchmal an anderen Stellen der Zelloberfläche durch Vorbuchten des Protoplasmas eine Art Trichter bilden, der sich, sobald ein Körperchen hineingelangt ist, zu einer Vakuole schließt. Die Geißel soll dabei die aufzunehmenden Körperchen heranspülen in den Fällen, in denen die Vakuole nahe der Geißel sich befindet. Sonst hat die Geißel keine Beziehung zur Nahrungsaufnahme, doch wird die Trichterbildung in Beziehung zu dem hellen Raume am vorderen Ende gezeichnet. Die ausgebildete Vakuole wandert dann nach hinten.

Ich selbst konnte nur an geißellosen amöbenartig sich verhaltenden Schwärmerzellen eine ähnliche Vakuolenbildung wahrnehmen, es schien mir allerdings nur Flüssigkeit in diesen Fällen aufgenommen zu werden. An geißeltragenden habe ich niemals ähnliches beobachten können, sondern die Angaben von *Cienkowsky* und *Lister* bestätigt gefunden. Ich hatte mir aber die Ansicht gebildet, daß vielleicht die oben ausführlicher geschilderte Entstehung ganz feiner spitzer Pseudopodien beim Umherschnellen der Geißel zur Nahrungsaufnahme in Beziehung stehen möchte und glaube, wie ebenfalls früher erwähnt, Vorgänge beobachtet zu haben, welche diese Vermutung bestätigten.

Bei frei im Flüssigkeitstropfen schwimmenden Schwärmerzellen scheint die Geißel, als Ganzes oder nur in ihren vordersten Abschnitten, wesentlich als Bewegungsorgan zu fungieren. Diese Funktion scheint sie aber nicht auszuüben, wenn die Schwärmerzelle auf dem Objektträger an der Glaswand oder an der freien Oberfläche des Tropfens sich fließend entlang bewegt oder aber wenn sie mit dem Hinterende oder dem Hauptteil der Zelle der Glaswand fest anhaftet.

[1]) *Bail* (1859, p. 33): Beim Ausschlüpfen aus der Spore wird die bewimperte Spitze zuletzt frei.

Dann kann man sich des Eindrucks nicht erwehren, daß die Geißel als eine Art Tastorgan fungiert. Man kann die langsamen Bewegungen, die sie in solchen Fällen vollführt, nur als suchende und fühlende schildern, ganz ähnlich den Bewegungen der Fühler bei Insekten.

Welche Funktion dem birnförmigen Körper zuzuschreiben ist, darüber ein abschließendes Urteil zu fällen, ist wohl vorderhand nicht möglich.

Der nächstliegende Gedanke ist wohl der, daß die Verbindung des Basalkörperchens der Geißel mit dem Kerne dazu dienen soll, der Geißel in dem ziemlich flüssigen Protoplasma eine festere Stütze darzubieten. Berücksichtigt man aber die oben mitgeteilten Beobachtungen über Krümmungen, Dehnungen und Gestaltsveränderungen des birnförmigen Körpers, so muß man zu dem Schlusse gelangen, daß die Festigkeit der Masse eine sehr große auch nicht sein kann; es bliebe also nur der vielleicht etwas festere Kern als Stützpunkt.

Ob die Krümmungen durch in dem Verbindungsstück selbst wirkende Kräfte bedingt werden oder durch das umgebende Protoplasma, läßt sich ebenfalls nicht entscheiden. — Auch darüber, aus welchem Zellbestandteile dies Verbindungsstück gebildet wird, ob vom Kern respektive von der Kernmembran aus oder von Protoplasmabestandteilen oder von beiden, habe ich Aufschluß nicht gewinnen können.

Auch welcher Art die Differenzierung ist, kann ich nicht angeben, nur soviel sei noch erwähnt, daß ich mit dem Polarisationsmikroskop keine Besonderheit bisher nachweisen konnte. Weder an der Geißel noch am Kern oder Verbindungsstück war eine Aufhellung des Gesichtsfeldes nachzuweisen.

Es bleibt mir bezüglich der besprochenen Schwärmerzellen noch übrig, einige Auskunft zu geben über die Herkunft des Materials: Die zur Untersuchung benutzten Mycetozoen traten auf in Heuinfusen. Da das im Winter 1896—1897 erhaltene Material kein sehr reichliches war und mir damals eine Weiterzüchtung nicht gelang, behielt ich zur genaueren Bestimmung kein Sporangien- und Sporenmaterial übrig. Bei der Wiederaufnahme meiner Untersuchungen im Winter 1897 auf 1898 erhielt ich mein Material aus einem Aufguß von getrockneten Kartoffelschalen. Diese Mycetozoen züchtete ich dann in sterilisiertem Heuaufguß weiter und konnte bis jetzt immer wieder neue Generationen erzielen. Ich glaube in diesen eine der ersten gleiche oder doch nahe verwandte Form vor mir zu haben, und glaube sie nach dem Werk von *Lister* (1894) als Didymium und wahrscheinlich farinaceum bestimmen zu können.

Das erste, sehr schön ausgebildete Exemplar teilte sich vor der Sporangienbildung in mehrere kleinere. Die Zahl der von den einzelnen Plasmodien gebildeten Sporangien war eine verschiedene, ebenso die Größe der einzelnen Sporangien selbst bei den einzelnen Individuen; die größten hatten etwa die Größe des Kopfes einer feinen Insektennadel. Die teils weißlichen, teils dunklen, fast schwarzen Köpfe saßen mit einem sehr verschieden langen Stiel der Glaswand des Gefäßes auf und waren mit einer breiteren, braun gefärbten Fußplatte befestigt. Der Stiel sah dunkelbraun aus und zeigte bei Vergrößerungen mannigfache Faltenbildungen. Er lief nach der Fußplatte breit aus. Am Ansatz des Stiels zeigt der Kopf einen tiefen Nabel. Der Stiel endigt unmittelbar nach Abgang der Kapselwand in einer kleinen kugeligen Kolumella, die einen stacheligen Rand aufweist und stark mit Kalkkrystallen erfüllt ist. Solche liegen nebst anderen korpuskulären Elementen der äußerst feinen Kapselmembran in sehr verschiedener Menge auf, wodurch wohl die verschiedene Farbe der Sporangien bedingt war. An der Kapselmembran ließ sich eine Struktur nicht mit aller Sicherheit feststellen, doch glaubte man an den von Auflagerungen freieren Stellen mit den stärksten Vergrößerungen ein ganz feines Wabenwerk zu erkennen.

Das Innere des Sporangiums ist erfüllt mit freiliegenden Sporen und dazwischen hindurch ziehendem Kapillitium, das sich bis an die Kapselwand zu erstrecken scheint. Die einzelnen Kapillitiumfasern teilen sich mehrfach gabelig und zeigen zwischen den Gabelästen und unter sich feinste Anastomosen. Es treten an den Gabelungen und an anderen Stellen unregelmäßig geringe Verdickungen auf, in denen hin und wieder Kalkkrystalle zu bemerken sind.

Die dunkel- bis hellbraun erscheinenden Sporen sind von kugelförmiger Gestalt, haben eine durchschnittliche Größe von 10 bis 11 μ. Doch kommen bis mehrfach so große Sporen, manchmal von unregelmäßiger, auch Sanduhr-Form vor. Die Oberfläche der Sporenwand erscheint fein punktiert, der Rand auf dem optischen Durchschnitte entsprechend den dunklen Stellen etwas aufgetrieben. Die Sporenwand zeigt auf dem optischen Durchschnitte eine wabige Struktur, entsprechend einer, regelmäßig aufgestellten, Wabenreihe. Die innere Grenzlinie der Wand erscheint breiter und dunkler. Der Inhalt liegt teils der Wand vollständig an, teils ist er davon zurückgezogen. Er läßt einen Kern meist deutlich erkennen. Eine Vakuole wurde nicht beobachtet.

Aus den Sporen kriechen meistens nach 12 Stunden schon viele Schwärmer aus, die sich dann in den ersten Tagen sehr

rasch vermehren und alle mit einer Geißel versehen sind. Nach einigen Tagen findet man plötzlich fast nur noch Cystchen mit deutlichem Kern, manchmal mit Vakuole. Darauf treten fast nur noch Amöben ohne Geißel auf, die auch wieder ein Cystenstadium eingehen können. Schon nach acht Tagen findet man manchmal die ersten kleinen, mit bloßem Auge oder einer schwachen Lupe sichtbaren Plasmodien und in den nächsten Tagen größere Mycetozoen.

Ein Zusammenfließen der Geißel- oder Amöbenschwärmer zu Plasmodien konnte ich niemals beobachten, trotzdem ich mich vielfach darum bemühte. Wohl aber konnte ich bestätigen, daß die kleinen Plasmodien in der ersten Zeit massenhafte Cystchen enthalten und aufnehmen. Nach einiger Zeit sind diese vollständig im übrigen Plasmodienkörper aufgegangen. Das Zusammenfließen von kleinen Plasmodien, die aus eingetrockneten Zellenzuständen, Sklerotien, entstanden waren, so wie das von größeren Plasmodien habe ich mehrfach beobachtet.

Trotz mannigfacher Wiederholung des Versuches wollte es mir lange nicht gelingen, einen Myxomyceten auf dem Objektträger in der feuchten Kammer in einem mit Sporen beschickten Tropfen Kulturflüssigkeit heranzuziehen. Erst im Laufe dieses Sommers gelang dies mehrmals in einigen lange Zeit unbeobachtet stehen gelassenen Kulturen. Wohl trat in den anderen Fällen immer nach ein paar Tagen eine massenhafte Cystenbildung auf, dann zeigten sich geißellose Amöben, denen wieder Cystchen folgten, die sich in Klumpen zusammenhäuften und durch eine schleimartige Masse verbunden erschienen. In den größeren Kulturen war dies Stadium meist der unmittelbare Vorbote des Auftretens von Plasmodien. Trockneten nun diese, nachweislich aus Amöbenstadien entstandenen Cystchen auf dem Objektträger zufällig ein und wurden sie später wieder benetzt, so zeigten sich schon nach $^1/_4$ bis $^1/_2$ Stunde wieder massenhafte geißeltragende Schwärmer. Allerdings darf die Eintrocknung nur sehr langsam geschehen. Ich benutzte schließlich dieses Verhalten dazu, mir aus einer einzigen Sporenaussaat jederzeit ein reichliches Material geißeltragender Schwärmer zu verschaffen; rascher und sicherer als aus einer neuen Sporenaussaat.

Auch habe ich oft beobachtet, daß, wie die früheren Forscher angeben, die geißeltragenden sowohl als die geißellosen Schwärmer zu gewissen Zeiten die Neigung zeigen, sich zu zweien oder in größeren Ansammlungen aneinanderzulegen, so daß sie wie verklebt aussahen. Immer aber wanderten sie schon nach kurzer Beobachtungs-

dauer wieder auseinander, so daß ich mich zuletzt des Verdachtes nicht erwehren konnte, daß das intensive Licht bei der mikroskopischen Beobachtung dabei von Einfluß sein möchte. Es trat diese Erscheinung sowohl in Kulturtropfen auf, die kurz vorher auf den Objektträger gebracht waren, als in solchen, die schon einen Tag oder länger in der feuchten Kammer gestanden hatten.

Den Erfahrungen *De Bary*'s entsprechend, erhielt ich niemals Mycetozoen aus Aussaaten, die in filtrierten Heuinfusen gemacht waren, während bei Anwesenheit reichlicher Pflanzenteile die Plasmodienbildung meist anstandslos eintrat.

Die früheren Erfahrungen *Miller*'s u. A. berücksichtigend, habe ich mir nie die Mühe gegeben, vollständig reine Schwärmerkulturen herzustellen, da auch nach den Angaben von *Lister* gewisse Bakterien zum guten Wachstum der Schwärmer nötig sind. Bezüglich der Kulturmethoden möchte ich übrigens auf die letzte Arbeit von *Miller* hinweisen, der auch die diesbezügliche Litteratur zusammengestellt hat. Diese Arbeit habe ich erst vor ganz kurzer Zeit einsehen können.

Von ähnlichen Beobachtungen habe ich zunächst zu berichten über eine solche von *Fr. Eilh. Schulze* (1875), der in seinen Rhizopodenstudien V eine Mastigamoeba aspera von 0.1 mm Länge beschreibt, die viel Ähnlichkeit mit unseren Bildern aufweist. Gefunden wurde dieses Protozoon im Bassin des botanischen Gartens des Joanneum in Prag. Es ist der Beschreibung nach eine Amöbe mit einer Geißel und dadurch bestimmtem vorderen Ende. Unmittelbar an die Geißelbasis setzt ein Gebilde an, das mit den von mir bei den Myxomycetenschwärmern beschriebenen die ausgesprochenste Ähnlichkeit aufweist. Ich lasse die von *Schulze* gegebene Beschreibung wörtlich hier folgen:

«Ganz besonderes Interesse muß aber ein jetzt zu beschreibendes Gebilde erregen, welches sich gerade auf der Grenze zwischen Endosark und Ektosark an dem beim Kriechen verschmälerten Vorderende des Tiers, dicht hinter dem Ursprung der Geißel findet, ein Gebilde, welches zwar ohne Bedenken für den Kern erklärt werden kann, aber doch ganz auffallende Eigentümlichkeiten zeigt.

«Aus dem vorderen Teile des körnigen Endosark ragt mit dem größten Teile seiner Peripherie ein unregelmäßig rundlich gestalteter, glatt begrenzter und ziemlich stark lichtbrechender, daher gegen die Umgebung dunkel erscheinender Körper von ca. 0.009 mm. Durchmesser hervor, welcher sich um so schärfer abhebt, als er nicht direkt an die mäßig stark lichtbrechende kontraktile Rindenschicht grenzt, sondern von dieser durch einen Hof hellerer, wahrscheinlich dünnflüssigerer Masse geschieden ist.

«Die äußere Grenzlinie dieses hellen Hofes läuft aber keineswegs der annähernd kugeligen Oberfläche jenes dunklen Körpers parallel, sondern zieht sich in eine direkt nach vorne gerichtete Spitze aus, welche unmittelbar neben der Basis der oben besprochenen Geißel die Körperoberfläche erreicht.»

Dann fährt *Schulze* auf Seite 591 in der Beschreibung weiter fort:

«Hervorzuheben ist noch, daß der erwähnte dunkle Körper in einer dellenartigen Vertiefung des Endosark liegt, und wahrscheinlich auch gegen dieses durch eine dünne Lage jener hellen voraussichtlich dünnflüssigen Masse geschieden ist, welche ihn nach vorne zu umgibt.»

Ferner: «daß er (der dunkle Körper) im Innern eine größere Anzahl kleiner kugeliger, scharf begrenzter heller Flecken zeigt, und daß er, wenn auch langsam, seine Gestalt zu ändern vermag. Die Veränderungen gehen besonders lebhaft während des Kriechens und zwar in der Weise vor sich, daß das ganze Gebilde bald quer oval, bald ganz abgerundet eckig erscheint. Niemals wird indessen die im ganzen als klumpig zu bezeichnende Gestalt aufgegeben.»

Schulze ist im Zweifel, ob er den stark lichtbrechenden Körper als Nukleolus oder als ganzen Kern bezeichnen soll. Im letzteren Falle würden Nukleolus und Membran fehlen, der Inhalt stark lichtbrechend sein. «Betrachten wir den dunklen Körper als Nukleolus, so müßte die den dunklen Körper umgebende, gegen das Protoplasma scharf, aber, wie es scheint, doch nicht durch eine Membran abgesetzte helle Masse als Kerninhalt gedeutet werden. Auffallend wäre dann allerdings die Verbindung des vorderen, in einen Zipfel ausgezogenen Teiles der äußeren hellen Kernpartieen mit der Körperoberfläche des ganzen Tieres und zwar gerade an der Stelle der Geißelinsertion.»

Von den weiteren Beobachtungen *Schulze*'s über das Verhalten und die Lebensweise der Mastigamoeba sei bemerkt, daß die Pseudopodien an dem vorderen Pole dicht neben der Geißel auftreten und an die Seite rücken, doch auch selbständig an der Seitenwand entstehen, also ein den Schwärmerzellen ganz ähnliches Verhalten zeigen. Nahrungsaufnahme wurde nicht beobachtet; Nahrungsauswurf am Hinterende.

Bei dem Vergleiche der *Schulze*'schen Beschreibung mit meinen Beobachtungen am ungefärbten lebenden Objekte drängt sich die unverkennbare Ähnlichkeit resp. Gleichheit der Erscheinung unmittelbar auf. Auch ich konnte in dem von der Geißelbasis ins Innere sich erstreckenden sehr hellen und gegen das umgebende Protoplasma scharf abgesetzten, etwa birnförmigen Raume außer einem kugeligen dunklen Körper zunächst nichts unterscheiden. Erst die verschiedenen Färbungen ließen eine weitere Unterscheidung zu und führten dazu, den dunklen Körper als den Kernbinnenkörper anzusehen, umgeben von rundlicher Kern-

masse und einer nach der Geißelbasis hin verdickten Kernmembran. Ich möchte annehmen, daß die Verhältnisse bei Mastigamoeba aspera geradeso liegen, so daß auch hier der dunkle Körper eine Art Nukleolus und der helle, nach der Geißelbasis zugespitzte Raum wenigstens zu einem Teile als Kernmasse aufzufassen wäre. Wenn eine Differenzierung in diesem Raume, etwa in Kern und Kernkappe, vorhanden war, so war sie nicht zu bemerken wegen des gleichen Lichtbrechungsvermögens, ebenso wie dies bei den Myxomycetenschwärmern in ungefärbtem Zustande nicht sichtbar war.

Das einzige Bedenken, das *Schulze* gegen diese Auffassung besonders geltend macht, die Verbindung des ausgezogenen Endes mit der Geißel, scheint mir durch meine gleichartigen Befunde gehoben zu sein. *Schulze* spricht noch die leise Vermutung aus, daß es sich bei dem hellen Raume um eine Art Ösophagus, wie bei vielen Flagellaten, handeln möge, der sich unmittelbar neben der Geißel öffne, konnte aber niemals irgendwelche Inhaltsmassen beobachten. Abgesehen davon, daß *Schulze* bei der Schilderung der Abgangsstelle der Geißel schwankende Angaben macht, bald sagt neben, bald an der Spitze des Bläschens, wäre noch darauf hinzuweisen, daß bei den Flagellaten die Geißel meist von der einen Innenwand oder vom Grunde des Ösophagus entspringt und nicht außerhalb neben der Ausmündungsstelle desselben.

Schulze weist darauf hin, daß *Carter* (1864) schon eine Amoeba monociliata, die er bei Bombay im Süßwasser gefunden hat, aufführte. *Carter* beschreibt sie als: «polymorphic, charged with granules, possessing a single large cilium and villi on the posterior extremity; locomotion reptant». Er konnte nur ein Exemplar beobachten und gibt außer dem obigen nichts als ein paar sehr schematische Abbildungen und den Hinweis, daß es vielleicht nur eine Varietät von Podostoma filigerum (*Claparède* u. *Lachmann* 1858—1861) sei. Eine seiner Abbildungen zeigt den Körper langgestreckt, spindelförmig, mit hinten anhängenden Zotten und somit sehr ähnlich den Schwärmern. *Carter* selbst weist auch auf andere Amöben-Schwärmerstadien hin.

Podostoma filigerum fand *Lachmann* (1858—1861) in Berlin und beschreibt es (pag. 441 in Taf. XXI, Fig. 4—6) als eine Amöbe, die ein geißelartiges Gebilde trägt, das lebhafte Bewegungen vollführt. Die Geißeln sitzen auf breiten, kurzen, dicken Fortsätzen auf, sind manchmal zur Spirale zusammengezogen. Die Geißel verkürzt sich, ein Körperchen mit sich schleppend, und verschwindet in dem Fortsatz, der sie trägt; das Körperchen geht in eine Vakuole über. Nach

Bütschli (1880—1882) hielt *Lachmann* selbst Podostoma mit jenem für identisch mit Amoeba radiosa.

Bütschli (1878) konnte einen ähnlichen Organismus wie *F. E. Schulze* (cf. ob.) längere Zeit und wiederholt beobachten, dem er in der ersten Veröffentlichung keinen besonderen Namen gab, in seinem Protozoenwerke aber als Mastigamoeba lobata (?) wiederum zeichnet (Taf. 39, Fig. 10).

Er nimmt an, daß der «rhizopoden-flagellatenartige Zustand diejenige Form ist, unter welcher er (jener Organismus) sich wohl während des größten Teils seines aktiven Zustandes zeigt», pag. 270. Seine Mastigamöbe hat «die Gestalt eines kleinen nackten Rhizopoden mit nicht zu zahlreichen, ziemlich feinen und zum Teil verästelten Pseudopodien. Die Gestalt ist natürlich sehr veränderlich; hat er sich ziemlich langgestreckt, so erreicht er ungefähr 0.020 mm in der Längsrichtung. Das Protoplasma erscheint meist sehr hell und homogen und ich sah es nie viel Einschlüsse führen. Dennoch bemerkt man darin gewöhnlich eine Anzahl nicht kontraktiler Vakuolen, die zum Teil auch dunkle Körner, wohl aufgenommene Nahrungsstoffe, einschließen und außerdem dunkle kleinere Körnchen in größerer oder geringerer Menge.»

«Eine Differenzierung in Ekto- und Endoplasma ist nicht wahrnehmbar. Die Pseudopodien sind nie sehr lang und meist fein zugespitzt, verhältnismäßig selten nur sind sie hier und da an ihren Enden gablig oder geweihartig verästelt. Eine kontraktile Vakuole ist vorhanden, vielleicht auch zuweilen mehrere, da ich mir gelegentlich die Kontraktion zweier Vakuolen angemerkt habe.»

«Recht deutlich tritt der bläschenförmige Nukleus mit ansehnlichem dunklen Binnenkörper hervor. Bei einigem Zusehen läßt sich nun unschwer beobachten, daß unsere Organismen auch noch eine sehr ansehnliche Geißel besitzen. Es ist dies relativ die längste Geißel, welche ich bis jetzt bei einem flagellatenartigen Wesen beobachtet habe, sie erreicht nämlich zuweilen die acht- bis zehnfache Länge des Leibes, und zwar bei ziemlich langgestrecktem Zustand desselben. Nicht immer jedoch ist sie so lang, obgleich sie stets eine ganz hervorragende Länge besitzt. Es ist eine sehr feine zarte Geißel, die entweder nur an ihrem äußeren Ende wellig hin- und herschwingt, d. h. sich in schraubenartigen Drehungen befindet, oder in ihrer ganzen Länge hin- und herpeitscht.»

«Sehr eigentümlich sind auch die Bewegungen, welche die Geißel am Körper selbst zuweilen zeigt. Da der ganze Körper aus einem amöboid beweglichen Protoplasma besteht, so ist natürlich auch die Insertionsstelle der Geißel veränderlich, und man sieht daher die Geißel häufig langsam um den Körper herumlaufen und schließlich wieder an ihrer Ausgangsstelle ankommen.»

«Gewöhnlich geschieht die Ortsbewegung unseres Wesens in rhizopodenartiger Weise, zuweilen jedoch werden die Bewegungen der Geißel energischer und dann beginnt das Tierchen sich nach Art und Weise eines Flagellaten mit Hülfe seiner Geißel zu bewegen. Hierbei nimmt der Organismus stets eine sehr langgestreckte Gestalt an und die Geißel wird auf dem zugespitzten einen Ende des Körpers weit vorgestreckt, ohne daß jedoch die Pseudopodien eingezogen würden. Eigentümlich erscheint nun hierbei noch, daß unter diesen Umständen der Kern stets ganz regelmäßig in dem spitzen vorderen, die Geißel tragenden Körperende seine Lage erhält. Nachdem der kleine Organismus sich in dieser

Weise meist nur verhältnismäßig kurze Zeit mit Hülfe seiner Geißel schwimmend bewegt hat, geht er dann wieder zur kriechenden Lebensweise über.»

Man brauchte dieser Schilderung eigentlich kaum etwas beizufügen, um eine fast vollständige Beschreibung der Mycetozoenschwärmer zu haben. Unterschiede bestehen jedoch darin, daß der Kern nicht die Wanderungen der Geißel mitmacht und keine Verbindung zwischen beiden aufgefunden wurde. — Die in der einen Abbildung scheinbar frei im Endoplasma endigende Geißel ist so aufzufassen, daß sie von einem in einer höher gelegenen Ebene befindlichen Punkte des Ektoplasma abgeht. — Ein basales Endknöpfchen der Geißel wird nicht erwähnt. Außerdem sollen bei dem freischwimmenden Zustande die Pseudopodien erhalten bleiben, was ich an den Schwärmerzellen niemals beobachtet habe. Am bemerkenswertesten ist mir die Angabe über die trotz der Wanderung der Geißel konstante Lage des Kernes nahe ihrem Fußpunkte.

In seinem Protozoenwerke gibt *Bütschli* pag. 671 noch an, daß es nicht unmöglich erscheine, daß der Stäbchenbesatz der Mastigamoeba wirklich von anhängenden Bakterien herrühre, mit denen schon *Schulze* die Anhänge nach ihrem Lichtbrechungsvermögen vergleicht. An den Schwärmerzellen habe ich einen solchen Bakterienbesatz oft genug mit aller Sicherheit feststellen können.

Heider (1886) gibt in seiner Spongienarbeit an:

pag. 19. «Ich selbst habe beide Arten Mastigamoeba aspera und lobata vor mehreren Jahren . . . . studiert, und meine Abbildungen von M. lobata zeigen einen ähnlichen Zusammenhang der Geißelinsertion mit dem Kern, wie ihn *F. E. Schulze* für seine Mastigamoeba aspera beschrieben hat.»

Bei *Frenzel* (1892), dessen Arbeit ich erst nach der Niederschrift der meinigen bemerkte, finde ich eine überraschende Bestätigung vieler meiner Befunde und Beobachtungen an den Schwärmerzellen in den Angaben, die *Frenzel* über verschiedene Mastigamöben macht und die ich ausführlich in folgendem wiedergebe:

Frenzel beschreibt (pag. 35 ff.) und zeichnet eine Verbindung zwischen Geißel und Kern bei:

Tricholimax hylae, n. g., n. sp., Taf. III, Fig. 2, 3, 4.
Mastigina chlamys, n. g., n. sp., Taf. IV, Fig. 3—7, 15.
Mastigina paramylon, n. sp., Taf. II, Fig. 7.
Mastigamoeba schulzei, n. sp., Taf. V, Fig. 1—14.

Das Folgende gilt speziell für die letzte Art, ähnlich aber auch für die vorhergenannten:

pag. 52. «Die Geißel geht nicht von der Leibesoberfläche aus, sondern durchbohrt diese vielmehr und sitzt dem bläschenartigen Kerne auf. Dieser liegt, ob

eine Geißel vorhanden ist oder nicht, stets am vorderen Pole des sich bewegenden Tieres mit längsgerichteter Längsachse, von der Wandung durch eine schmale, aber deutliche (Ekto-)Plasmaschicht getrennt. Den Kern stellt nämlich ein oft mehr eiförmiges (olivenförmiges), oft mehr längliches (dattelkernförmiges) drehrundes Ellipsoid dar (Fig. 1, 3, 4, 6, 7, 9, 11, 12, 13), dessen geißeltragender Pol zuweilen ein klein wenig kegelartig zugespitzt ist (Fig. 9). Er führt ein genau central liegendes, ihm mathematisch ähnliches Morulit (Binnenkörper cf. ob.) von meist beträchtlicher Größe. Dieses entspricht wahrscheinlich *Schulze*'s Kern, da dieser wohl die hintere Grenze des ganzen Kerns im Körnchenplasma nicht sah.

«Der Kern kann nicht in die Mitte rücken, auch wenn er keine Geißel trägt, im Gegensatz zu anderen Mastigamöben.»

pag. 53. «Meist wurde sie» (die Geißel) «wie tastend nach vorne gestreckt, und nur das freie Ende vollführte lebhafte Schwingungen nach Art der Schraube, ohne daß hierdurch, wie überhaupt durch längere Schraubenlinien eine entsprechende Drehung des Tieres bewirkt wurde.» Dies schien mir bei den Mycetozoenschwärmern anders zu liegen (cf. ob.). «Bewegt sich das Tier mehr in kriechender Weise zwischen allerlei Detritusarten einher, so scheint die Geißel mehr als Tastorgan denn als Bewegungsapparat zu dienen. Man kann dann oft jede Schwingung vermissen, abgesehen von einem mehr unregelmäßigen, züngelnden Hin- und Herfahren der Spitze, das ganz an ein Tastorgan erinnert.»

pag. 54. «Einer eigentümlichen Bewegungserscheinung sei aber noch besonders gedacht, um so mehr, als dieselbe einen wichtigen Gegensatz zu den eigentlichen Flagellaten markiert. Der Kern nimmt nämlich zwar immer die Mitte des vorderen Pols der Mastigamœba ein. Dieser selbst kann jedoch in gewissem Sinne verrückt werden. Ändert nämlich das Tierchen beim Vorwärtswandern plötzlich die Richtung seiner Bewegung, z. B. wenn es an ein Hindernis stößt, so biegt es nur selten sein Vorderende in eine neue Richtung um. Für gewöhnlich vielmehr verschiebt sich der Kern mit der Geißel durch Drehung seiner Längsachse derartig, daß es nur ein neues, seitlich vom ersten liegendes Vorderende bildet, während jenes noch einen Augenblick erhalten bleibt (Fig. 9), so daß also scheinbar ihrer zwei vorhanden sind. Geschieht dies sehr rasch, so kann sogar die Erscheinung zweier oder mehrerer Geißeln vorgetäuscht werden, indem man sie noch in der ursprünglichen Lage zu sehen glaubt, während sie bereits eine neue angenommen hat.»

Ich konnte bei den ganz ähnlichen Vorgängen bei den Schwärmerzellen noch eine ganze Zeitlang an der alten Stelle ein Pseudopodium verfolgen, während *Frenzel* in der Zeichnung nur eine flache halbkugelige Vorwölbung des Protoplasmas zurückbleiben läßt. *Frenzel* fährt dann weiter fort:

«In der Regel macht das Ganze hierbei einen Moment lang Halt; der Kern rückt plötzlich nach einer anderen Stelle des Vorderteils, und ebenso plötzlich schiebt sich hier eine neue Spitze vor. Wesentliche Gestaltsveränderungen sind bei diesem Vorgange weder am Kern noch am Kernkörperchen wahrzunehmen. Auch bei dem geißellosen Exemplar (Fig. 1) sah ich den Kern etwas hin- und herrücken, trotzdem eine Geißel hier sicher fehlte und auch während einer mehr als halbstündigen ununterbrochenen Beobachtung nicht zum Vorschein kam.

«Hat die M. Schulzei die Vorwärtsbewegung eingestellt, wobei sie eine mehr kugelige Gestalt angenommen hat (Fig. 3, 8), so ist der Kern mit der Geißel noch bedeutender Bewegungen fähig, wobei er jedoch niemals und unter keinen Umständen die oberflächliche Plasmaschicht verläßt. Will er mithin zu einem diametralen Punkte übergehen, so durchwandert er nicht den Leibesdurchmesser, sondern rückt vielmehr unter einem größten Kreise des als Kugel gedachten Körpers nach der gewünschten Stelle hin, wobei er die Geißel wie eine Fahne mit sich trägt.»

pag. 58. Ist der Kern «zwar einer recht energischen Ortsbewegung fähig, so läßt sich doch irgend eine Veränderung seiner Gestalt nicht bemerken. Es macht vielmehr ganz so den Eindruck, als ob er entweder von der Geißel mitgeschleppt, oder als ob er von dem kontraktilen Plasma mitsamt der Geißel an seinen neuen Platz geschoben würde. Ob nun dieses kontraktile Plasma mehr in der Rindenschicht oder mehr in der Centralschicht zu suchen sei, läßt sich, so meine ich, kaum mit Bestimmtheit ausmachen.» *Frenzel* ist geneigt, beide Plasmaarten als kontraktil zu betrachten.

pag. 46. Über Mastigina chlamys bemerkt *Frenzel* noch: « . . . . in der That zeigte sich, daß sich dies» — das umgebende Plasma — «in auffälliger Weise an der Wanderung beteiligte, indem seine sichtbaren Bestandteile wenigstens, die Flockenkörner und die Fettkugeln, stets in nächster Nähe des Kernes haften blieben».

Frenzel spricht pag. 54 die Wanderung der Geißel als ein Kennzeichen für die geißeltragenden Amöben an gegenüber den Flagellaten, deren Geißel auf eine bestimmte Stelle der Körperoberfläche beschränkt ist. Es geht aber aus meiner Schilderung hervor, daß dieses Kennzeichen ebenso den Schwärmerzellen von Mycetozoen zukommt. Das einzige sichere Unterscheidungsmerkmal für beide Formen liegt wohl in dem Nachweise der Beziehung der letzteren zum Entwicklungskreise der Myxomyceten, und selbst das gilt eigentlich nur nach der positiven Seite. Man kann unter Umständen, z. B. in Kulturen, die wenige feste pflanzliche Bestandteile enthalten, monatelang die geißeltragenden Schwärmer immer nur in Amöben oder Cystenformen übergehen sehen, aus denen dann stets wieder geißeltragende Schwärmer werden. Bei manchen Mycetozoen gelingt es überhaupt nicht, aus Aussaaten ausgebildete Plasmodienstadien zu bekommen (vergleiche *C. O. Miller* 1894 und 1898). Andererseits mehren sich neuerdings die Befunde von Zusammengehörigkeit amöboider und flagellatenähnlicher Formen, wobei jede Form als Jugendstadium der anderen auftreten kann.

Somit erscheint es nicht ausgeschlossen, daß es sich auch für die Mastigamöben unter günstigen Kulturbedingungen noch herausstellen kann, daß sie nur Stadien in der Entwickelung anderer Formen, also eine Art Schwärmerzellen z. B. darstellen.

Vorläufig besteht allerdings ein kleiner Unterschied zwischen *Frenzel*'s und meinen Befunden darin, daß die Verbindung zwischen Geißel und Kern bei *Frenzel*'s geißeltragenden Amöben eine andere ist. In den Zeichnungen von diesen tritt die Geißel durch das Protoplasma in gleichbleibender Dicke an die Oberfläche des hier nicht veränderten Kernes; nur manchmal soll eine Zuspitzung des Kernes sich finden, die als eine ganz flach sich erhebende Ausziehung der Kerngrenze gezeichnet wird. Ein ausgebildetes Zwischenstück hat *Frenzel* nicht beobachten können und gibt auch von einem basalen Körperchen der Geißel nichts an. Nur bei Mastigella polymastix *Frenzel* beschreibt er eine Differenzierung des Endes des Pseudopodiums, das die hier nicht mit dem Kern verbundene Geißel trägt.

Die letzte mir aus dem Neapeler Jahresbericht für 1897 bekannt gewordene Arbeit von *Hans Meyer* (1897), welche Bemerkungen über Mastigamöben enthält, die ebenfalls den Kern vorne enthalten, habe ich bisher vergeblich zu erhalten gesucht.

F. Blochmann (1894) beschreibt unter Beifügung einer Textfigur bei Dimorpha mutans *(Gruber)*, daß die beiden Geißeln von einem kleinen Körperchen entspringen, das wahrscheinlich gleich sei dem Centralkorn der Heliozoen. Dieses Körnchen liegt mit dem Kerne in einem hellen Flecke nahe dem Vorderende des Tieres und zwar in einer schüsselförmigen Aushöhlung des Kernes. Von dem Körnchen gehen außerdem radiäre Strahlen aus, welche in die Achsenfäden der Pseudopodien überzugehen scheinen. Diese Axenfäden bleiben auch nach Einziehung der Pseudopodien bestehen. *Blochmann* nimmt dabei nicht eine Durchbohrung des Kernes durch die Achsenfäden an, sondern ähnliche Differenzierungen im Kerne und Plasma und weist darauf hin, daß die von *Bütschli* betonte enge Beziehung zwischen Geißeln und Pseudopodien durch die Thatsache eine Stütze erhalte, «daß die Achsenfäden der Geißeln und diejenigen der Pseudopodien von demselben Centralkorn entspringen».

Bezüglich der Achsenfäden der Heliozoen seien hier die Angaben *Bütschli*'s aus seinem Protozoenwerke (I, pag. 288) citiert. Er konnte die Angaben *Grenacher*'s bestätigen, daß bei Actinophrys die Achsenfäden der Pseudopodien bis zu dem Kerne zu verfolgen sind. *Greeff* will sie sogar bis zum Mittelpunkte desselben verfolgt haben. Bei Acanthocystis, Raphidiophrys und Actinolophus dagegen, bei denen der Kern exzentrisch liegt, ist durch verschiedene Forscher: *Grenacher*, *Greeff*, *F. E. Schulze*, *R. Hertwig*, das Verhalten dahin festgestellt worden, daß die Achsenfäden sich bis zur Mitte des Zellleibes

verfolgen lassen und sich dort zu einem «dunklen kleinen und in Karmin sich lebhaft färbenden Körperchen» begeben. Bei Actinosphaerium und anderen Heliozoen läßt sich der Achsenfaden nur eine Strecke weit in den Zellkörper hinein verfolgen, bei Actinosphaerium bis an die Grenze des Entosark.

Schaudinn (1894) giebt eine Beschreibung und Zeichnung von Camptonema nutans *Schaud.*, eines mehrkernigen Rhizopoden, bei dem eine Verbindung der Achsenfäden der Pseudopodien mit den Kernen vorkommt, die an unsere Abbildungen in einer gewissen und sehr auffälligen Weise erinnert:

«Jeder Achsenstrahl verläuft zu je einem Kern und befestigt sich auf demselben mit einer gleichmäßig dunkelblau gefärbten Kappe».

Auch die Achsenfäden der Pseudopodien bei Radiolarien lassen sich nach den in *Bütschli*'s Protozoenwerke (I, pag. 438) referierten Angaben ins Innere des Körpers verfolgen: streng radial durch die Gallerte und Centralkapsel bis zum Stachelkreuze, wo sie sich dem Blick entziehen, da das intrakapsuläre Plasma um das Stachelkreuz gewöhnlich stärker körnig oder pigmentiert erscheint.

In ihrem Verlaufe durch die Gallerte sind sie von Protoplasma überkleidet, und bei Acanthometra elastica überkleidet das feinkörnige Protoplasma die Achsenfäden auch in ihrem Verlaufe durch die Centralkapsel durchaus. Auch bei anderen Abteilungen sind Achsenfäden zu vermuten, nach *R. Hertwig* speciell bei Sphäriden, und pag. 440 wird angegeben, daß *Hertwig* auch die Sarkodegeißel der Disciden und Spongodisciden bis zum Nukleus in den Weichkörper hinein verfolgte.

«Die Geißelpseudopodien müssen daher in die Kategorie der Axenfäden führenden eingereiht werden, doch erfordert die genaue Feststellung dieses Verhaltens erneute Untersuchungen.»

Bei Vaucheria-Schwärmsporen beschreibt *Straßburger* (1880) «annähernd birnförmige Kerne, die mit ihrer Längsachse radiär gestellt sind. Sie sind an ihrem nach außen gerichteten Ende zugespitzt und enden hier in einem Knötchen, dem je ein Cilienpaar entspringt (Fig. 36). Im Innern eines jeden Zellkerns sieht man ein glänzendes Kernkörperchen.»

Bei den Flagellaten finden wir mehrfach am Ansatzpunkt der Geißeln Verdickungen oder direkt kugelige Endknöpfchen beschrieben. *Kunstler* (1882) beschreibt dieselben an verschiedenen Typen und vergleicht die Verbindung zwischen Geißel und diesem Kügelchen mit einem Gelenk.

G. Klebs (1893) gibt auf pag. 364, wo er von den Peranemida *Klebs* spricht, folgendes an:

«Bei einer Reihe Arten läßt sich der Nachweis führen, daß die Geißeln mehr oder weniger tief im Plasmakörper inseriert sind, wie z. B. bei Urceolus, Dinema, Anisonema. Vielleicht ist die Erscheinung allgemein und es liegt nur an der Schwierigkeit, die Geißelbasis im Plasmakörper zu unterscheiden, daß bei anderen Peranemiden es noch nicht beobachtet wurde.

«Bei Peranema trichophorum (Astasia trichophora *Bü.*) konnte nicht genau festgestellt werden, wie weit die Geißel sich ins Plasma erstreckt.»

pag. 375. «Bei Dinema griseolum *Perty* senkt sich, dicht neben dem Staborgan, die Basis der mächtigen Schleppgeißel in das Innere des Körpers und läuft dann in einem Bogen über die Mundöffnung herum nach hinten.

«Mit Hülfe von Hämatoxylin, wie auch direkt an lebenden Exemplaren, kann man die Geißelbasis weit im Körper verfolgen, manchmal anscheinend bis in die Nähe des etwa in der Mitte liegenden Kernes.»

pag. 388. «Bei Anisonema acinus *Duj.* entspringt die eine Geißel frei im Plasma, wenig eindringend.»

Bei vielen Polytomaformen ist nach *Francé* (1894) «die Insertionsstelle der Geißeln durch ein kleines, über die Körperfläche hervorragendes Wärzchen besonders gekennzeichnet».

Für einen besonderen festen Zusammenhang der Geißeln mit dem Plasma spricht sich auch *A. Fischer* (1894) aus, indem er darauf hinweist, daß bei der Plasmolyse der Protoplasmakörper, selbst wenn er sich sonst sehr weit von der Körperwand zurückgezogen hat, an der Stelle der Geißelinsertion immer mit derselben durch ein feines Fädchen verbunden bleibt. Er hat sich außerdem wesentlich mit der Struktur der Geißel beschäftigt und beschreibt die von ihm so genannte Flimmergeißel, d. h. eine Geißel, die außer ihrem gewöhnlichen parallelinigen Faden auf der einen oder auf beiden Seiten Flimmeranhänge besitzt. Soviel ich aus der Arbeit ersehen kann, hat er diese Struktur jedoch nur an Präparaten auffinden können, die lebend langsam angetrocknet waren und dann mit der *Löffler*schen Geißelfärbungsmethode behandelt wurden. Ähnliche Bilder konnte ich nur manchmal bei demselben Verfahren erzielen und möchte annehmen, daß es Erscheinungen sind, die nichts mit der Geißelstruktur zu thun haben. In den Kulturen scheiden sich beim Eintrocknen massenhaft amorphe feinste Massen ab, selbst mit dem reinsten Wasser ist derartiges beim Eintrocknen auf dem Deckglase nicht zu vermeiden. Wenn sich nun diese gerade an den Geißeln zu längeren flimmerartigen Fädchen anordnen, so kann man eine Erklärung recht gut darin finden, daß die Geißeln unmittelbar vor dem endgültigen Eintrocknen und Absterben noch einige schwache Be-

wegungen vollführen und durch den Zug die Anordnung der Teilchen hervorrufen.

Wenn *Fischer* schreibt, daß man diese fädigen Anhänge niemals am Körper selbst wahrnimmt, so kann ich im Gegenteil versichern, daß ich derartiges nicht selten gesehen habe, allerdings nicht mit solcher Regelmäßigkeit, wie sie *Fischer* für die Geißeln angibt. An Präparaten, die vor der Eintrocknung mit Osmiumsäuredämpfen oder einem anderen Fixierungsmittel abgetötet wurden, traten die größeren und täuschenden Fadenanhänge nie auf; wie das *Fischer* auch für die Abtötung mit Jod angibt. Wohl aber kann man die besprochenen feinkörnigen Eintrocknungsfiguren als feinste netzartige Strukturen intensiv gefärbt erhalten. Präparate, die ich nicht eintrocknen ließ, sondern feucht sowohl mit den *Löffler*'schen Lösungen als mit anderen Anilinfarben und mit *Heidenhain*'s Hämatoxylineisenlackfärbung so intensiv färben konnte, daß auch feine Bakteriengeißeln deutlich hervortraten, zeigten niemals ähnliche Erscheinungen.

Auch *Marchand* (1894) spricht sich auf Grund seiner Untersuchungen an Trichomonas vaginalis, die er anschließend an den Fund einer Trichomonasform im Harne eines 60jährigen Mannes unternahm, dafür aus, daß die Geißeln im Innern des Körpers entspringen. Außerdem konnte er eine Verlängerung des vorderen Endes des Kernes bis unmittelbar an die Geißelbasis feststellen und belegt seinen Befund mit mehreren Abbildungen.

pag. 716. «Der Kern ist von verschiedener Form und Größe, länglichrund, plattgedrückt, mehr oder weniger langgestreckt, flaschenförmig, mit halsförmiger Verlängerung, welche stets dem vorderen Ende entspricht und sich bis unmittelbar an die Insertion der Geißeln erstreckt. Bei manchen Individuen ragt diese Stelle etwas schnabelförmig hervor . . . .

«An fixierten und gefärbten Exemplaren ist zuweilen ein farbloser Spalt oder Hohlraum zu erkennen, welcher sich von der Geißelbasis aus nach der Seite des Kernes hinab erstreckt. In einem Falle sah ich auch, daß die Basis der Geißeln in diesen Spalt hinabreichte, da aber die Form dieses Tieres durch Kontraktion verändert schien, so möchte ich das nicht für beweisend ansehen. Einen Ursprung der Geißeln im Innern glaube ich aber annehmen zu müssen. An einigen in Sublimat fixierten Exemplaren glaube ich auch ein kurzes röhrenartiges Gebilde gesehen zu haben, welches sich von der Spitze des Vorderendes zum Kern erstreckte (Fig. 13) und bei einem Tiere etwas herauszuragen schien (Fig. 12).»

Wie aus seinen Worten ersichtlich, ist es auch *Marchand* trotz vieler Bemühungen nicht gelungen, die Verhältnisse der Geißel im Innern des Körpers bei Trichomonas vaginalis vollkommen klar zu sehen. Basale Verdickungen oder Knöpfchen am Fußpunkte der

Geißeln scheinen ihm nicht aufgefallen zu sein. In betreff des Verhaltens der Geißeln bei der Teilung hat er sich mehrfach von dem Vorhandensein derselben an der jedem einzelnen Kerne entsprechenden Stelle überzeugen können, doch waren sie manchmal nur undeutlich erkennbar und ihre Zahl nicht bestimmbar.

Bemerkenswert in Beziehung zu meinen früheren Angaben von dem Verhalten des Protoplasma zu einem anzunehmenden Achsenfaden der Geißeln scheint mir die Angabe *Marchand*'s, daß am Hinterende von Trichomonas öfter eine Verlängerung eines central durch den Körper ziehenden Fadens hervorzutreten scheint als «ein dünner, peitschenähnlicher Anhang» des Schwanzfadens.

«Es macht den Eindruck, als könne der Schwanzfaden eine mehr oder weniger reichliche protoplasmatische Umhüllung erhalten, wodurch die Übergänge zu den Formen mit zugespitztem Hinterleibsende sich erklären würden.»

Auch ich habe bei Flagellatengeißeln versucht, eine Fortsetzung der Geißeln in das Innere des Zellkörpers, wie sie auch *Bütschli* nach mündlichen Mitteilungen für allgemeiner verbreitet hält, aufzufinden, kann aber allerdings nur von wenigen positiven Ergebnissen berichten. Bei den meisten der in sehr verschiedenen Varietäten zur Untersuchung gekommenen freilebenden, etwas größeren Formen lag die große Schwierigkeit, wie auch *Klebs* erwähnt, darin, daß dieselben mit so vielen stark lichtbrechenden und stark sich mitfärbenden Körnchen (Paramylum u. a.) angefüllt sind, daß ein Verfolgen feiner Strukturen im Innern des Zellkörpers meist unmöglich war. Vielleicht mögen Schnittpräparate näheren Aufschluß geben, ich hatte aber meistens nur wenig bevölkerte Kulturen zur Verfügung.

Bei einigen nicht näher bestimmten, im Darm des Salamanders gefundenen Flagellaten, einer zweigeißeligen und einer nur eine Geißel tragenden Form, war allerdings eine irgendwie geartete Verbindung deutlich zu machen.

Die mit zwei Geißeln versehene Form hatte etwa die Gestalt einer Spindel. Das Hinterende war lang und spitz ausgezogen, das Vorderende breit abgerundet (Fig. 21).

Im vorderen Drittel des Körpers fand sich der sehr große klumpige, oft gelappt erscheinende Kern, an dessen vorderer Begrenzung der Flagellatenkörper eine leichte Einschnürung zeigte. Von den Geißeln war die eine außerordentlich lang, um ein Vielfaches länger als der Körper und sehr breit, meist in Wellenlinien verlaufend, die

andere bedeutend kürzer, etwa zweimal so lang als der Körper und sehr dünn (Fig. 19, 20, 21, 22). Die letztere wurde in den konservierten Präparaten meist seitlich oder nach hinten am Körper entlang gerade ausgestreckt gefunden. Im Leben war wegen der raschen Bewegungen dieser Formen nicht viel zu sehen. — Die Geißeln schienen nicht genau in der Mitte des vorderen Poles zu entspringen, sondern man sah bei seitlicher Ansicht etwa eine Hälfte der vorderen Begrenzung weiter hervorragen, die sich also bei Ansicht von oben wie ein Dach über den Ursprung der Geißel legen muß. — An der Abgangsstelle der Geißeln fand sich ein stark lichtbrechendes Körnchen von etwas größerem Durchmesser, als die große Geißel breit ist. Zu diesem Körnchen zog — an mit Eisenalaun oder Chromsäurehämatoxylin gefärbten Präparaten — von der zugekehrten Oberfläche des Kernes her ein Verbindungsstück, das im Flächenbilde oft vierkantig quadratisch oder als längliches Rechteck erschien, oder aber mehr eine Kegelform hatte. Einige Exemplare zeigten ein oder mehrere quere dunklere Absetzungen in dem Körper. Nach anderen Bildern erschien es wieder so, daß durch den viereckigen Körper deutlich ein dunkler Faden vom Kern zur Geißelbasis zog, so daß manchmal ein Bild entstand, als ob eine Verbindungsachse durch eine cylindrische Hülle ginge.

Eine andere, nur in wenigen Exemplaren beobachtete Flagellate desselben Ursprungs bot in einigen Exemplaren ähnliche Bilder dar; in anderen lagen die Verhältnisse ähnlich wie bei den Myxomycetenschwärmern. Diese Flagellate war kürzer und breiter gebaut, das Hinterende weniger scharf zugespitzt.

Der Kern lag nahe dem vorderen Pole, der nur eine recht lange, mittelbreite Geißel trug (Fig. 23).

Bei Astasiopsis und Astasia gelang es mir nur, die Geißel deutlich bis an den Grund des Schlundes zu verfolgen.

Bei Euglena viridis färbte sich in Präparaten, die mit Osmiumsäuredämpfen oder -Lösung abgetötet waren, bei Zusatz einer sehr dünnen wässerigen Gentianaviolettlösung nur die Geißel allein tiefblau und ließ sich mit Leichtigkeit bis in den Grund des Schlundes verfolgen. Manchmal schien sie in der Nähe des oder am Pigmentflecke zu endigen.

Dasselbe Verhalten zeigten verschiedene Phacus-Arten.

Bei Chloropeltis ovum konnte ich, allerdings nur einmal, einen deutlich gefärbten dunklen Strang von der Geißelbasis bis zur Oberfläche des im hinteren Körperende liegenden Kernes verfolgen.

Bei Trachelomonas-Arten schien die Geißel meistens in einem viereckigen Körper zu endigen, der dicht unter der deutlich von der Geißel durchbohrten Schale im Vorderende des Tieres gelegen war. Ich habe aber auch mehrere Bilder aufgezeichnet, in denen ein Verbindungsfaden bis zum Kerne oder bis in dessen Nähe führt (Fig. 17, 18, 24). Nach Fig. 37b freilich bekommt man den Eindruck, daß ein ösophagusähnlicher Spalt, ähnlich wie bei Euglenoiden, vorliegt, in dessen Grunde die Geißel sich befestigt.

Bei einer großen Anzahl weiterer, von mir meist leider in sehr wenigen Exemplaren untersuchter Formen waren meine Bemühungen resultatlos. Unter diesen waren auch einige Antophysa-Kolonieen. Bei diesen gelang eine genauere Untersuchung nicht, weil die einzelnen Individuen in zu verschiedenen Ebenen lagen. Man muß hier wohl zu Schnitten seine Zuflucht nehmen. Bei den zur Beobachtung gekommenen Dinoflagellaten verhinderte die starke Färbung der Schale ein Erkennen der inneren Verhältnisse.

An den Kragenzellen von Spongien hat, soviel ich finden kann, *Heider* (1886) zuerst eine genaue Beschreibung von einer Fortsetzung der Geißel bis zum Kerne geliefert. Er führt allerdings einige Angaben *Haeckel*'s an, in denen dieser von einer Fortsetzung der Geißel in das Innere der Zelle, einmal bis gegen den Kern hin, berichtet, doch widerspricht dieser Autor später seinen eigenen Berichten. *Heider* gibt auf Seite 15 folgende Beschreibung:

«Wir haben an diesen prismatischen Geißelzellen der Blastulae (Taf. I, Fig. 7a—m) von Oscarella noch ein äußerst interessantes Verhalten zu besprechen. Dasselbe betrifft den Ursprung der Geißel. Die Geißeln sitzen nämlich dem Exoplasma nicht auf, sondern man kann mit starken Vergrößerungen eine Fortsetzung der Geißel in das Innere der Zellen auf das Deutlichste verfolgen. Es gelingt nicht schwer, zu beobachten, wie die Geißel in derselben Mächtigkeit den hyalinen Grenzsaum durchbricht und sich unter wellenförmigen Krümmungen durch das Exoplasma dem Zellkerne nähert, wo sie kontinuierlich in die den Zellkern umgebende Schicht dichteren Plasmas übergeht. Von dieser Fortsetzung der Geißel in das Innere der Zelle konnte man schon am lebenden Objekt einige Andeutungen bemerken (Taf. I, Fig. 3, 4, 5).

«Am besten sah man diese Geißelwurzel . . . natürlich in der Region des glashellen, hyalinen Exoplasmas. Nach Anwendung von Osmiumsäure konnte man jedoch den Verlauf der Geißelwurzel viel deutlicher verfolgen. Dieselbe erschien als ein zarter Strang, meist von geringerem Lichtbrechungsvermögen, als die Geißel in ihrem freien Basalteile zeigte, in der Regel schwach wellenförmig gekrümmt oder in gerader Richtung gegen den Zellkern verlaufend.

«Während die beschriebenen Verhältnisse für die überwiegende Mehrzahl der Geißelzellen gelten, fand ich an meinen Isolierungspräparaten regelmäßig noch

eine zweite Art von Zellen (Taf. I, Fig. 8a—c), welche, im übrigen von völlig übereinstimmendem Bau, sich nur in der Gestaltung der Geißelwurzel unterschieden. Bei diesen Zellen fand sich im Verlauf der Geißelwurzel ein gerades stark lichtbrechendes und ziemlich dickes Stück, das wie ein Stäbchen schräg gegen die Längsachse der Zelle gerichtet, der Geißelwurzel eingelagert war. Dieses Stäbchen artikulierte durch eine Art Knie mit dem freien Basalende der Geißel und dieses Knie von schwach lichtbrechender Beschaffenheit schien mir öfters eine Art Varikosität zu enthalten. Das andere Ende des Stäbchens ging in das den Kern umgebende dichtere Plasma über. Ich will die Frage nicht entscheiden, ob diese Zellen von denen der erstbeschriebenen Art specifisch verschieden sind oder nur Zustände derselben darstellen, doch neige ich mich mehr der ersten Auffassung zu.»

Die Abbildungen geben ein klares Bild der geschilderten Verhältnisse. Es ist jedoch daraus nicht zu ersehen, ob etwa die als Varikosität geschilderte Verdickung am Fuße der Geißel den an anderen Geißeln gefundenen Basalkörperchen gleich zu setzen ist.

Minchin (1892) beschreibt und zeichnet an Kragenzellen an der freien Oberfläche des Protoplasmas innerhalb des Kragens einen dunklen Punkt, von dem die «durchaus gleich dicke Geißel» abgeht. Unterhalb desselben wird ein heller kreisrunder Raum abgebildet und beschrieben, der ein bis drei schwarze Körnchen enthält. *Minchin* ist nicht sicher, ob dieser eine Nahrungsvakuole oder eine Art Centralkörper darstellt, oder mit der Bewegung der Geißel oder mit dem Kragen in Verbindung steht.

G. Bidder (1895) dagegen, pag. 17, konnte bei Paraffinschnitten von Sycon raphanus nachweisen, daß die Geißel sich bis zum Kerne fortsetzt (mit Holzschn.). Manche Geißeln zeigten eine Verdickung am basalen Ende der Geißel, die er für Zellprotoplasma hält, das hier an der Geißel durch die pupillenartige Öffnung der Zellmembran durchtritt, während die Geißel unverdickt hindurchlaufe zum Kerne. Der Kern ist rund oder spitz ausgezogen gegen die Geißel, seine Membran ist durchbrochen und scheint in die seitliche Grenzlinie der Geißel überzugehen.

Seite 20 werden die Kerne zum Teil als birnförmig beschrieben, indem ihre distale Hälfte einen Kegel bildet, dessen Spitze in der Region innerhalb des Kragens liegt. Zusammenfassend sagt *Bidder*, pag. 29: «that the flagellum is intimately connected with the nuclear membrane, and that when this is spherical in outline the sphere shows a break at the point where the flagellum intersects it. The appearances are consonant with the flagellum being a rod-like or tube-like process of the nuclear sheath.»

Bidder führt an, daß *Vosmaer* (1893) eine solche Verbindung bei Halichondria zeichnet, ohne eine Beschreibung zu liefern und meint, seine (1892) und *Dendy*'s (1893) Befunde distal gelegener Kerne bei Heterocoela deuteten ebenfalls darauf hin. Er ist geneigt anzunehmen, daß der Kern der Geißel als mechanische Stütze dienen möge, und meint, ebenso könnte man dies für seinen und *Minchin*'s Befund einer permanenten Vakuole am Grunde der Geißel, die *Vosmaer* ebenso für Spongilla zeichnet, annehmen. Er wendet sich in einer Fußnote gegen *Schandinn*, der bezüglich der von ihm gefundenen Verbindung der Achsenfäden von Camptonema mit den Kernen die Vermutung ausspricht, daß der Kern bei der Bewegung der Pseudopodien eine bedeutende Rolle, vielleicht als regulatorisches Centrum spielt.

Er meint, man solle eher andere Hypothesen zu begründen versuchen, ehe man an den Nukleus als Zellgehirn appelliert.

Weltner (1896) berichtet über Spongilla pag. 285: «Am schnellsten gelingt der Nachweis der Wimper an der Zelle, wenn man ein Stückchen des Schwammes in gesättigter Sublimatlösung zerzupft; an den so isolierten Zellen sieht man dann auch, daß die Geißel bis an den Kern der Zelle herantritt, worauf bisher noch niemand aufmerksam gemacht hat».

Minchin (1896) bei Studien über die Entwicklung von Leucosolenia variabilis (pag. 45) findet, daß bei den Geißelzellen an der Grenze des inneren vakuolisierten und äußeren granulierten Plasmas der opake und tief sich färbende Kern liegt in Gestalt einer Zwiebel und nach außen mit der Geißel verbunden ist, und bildet dies Fig. 3 ab. Auf späteren Abbildungen über die Bildung der Geißelkammern zeichnet er ebenfalls nach der freien Zelloberfläche spitz ausgezogene Kerne, aber keine Geißeln.

Lendenfeld (1897) zeichnet pag. 78, Fig. 35 eine Geißelkammer, besetzt mit Kragenzellen, deren Geißeln sich deutlich bis zum Kernbinnenkörper fortsetzen, der an ihrem Ansatz spitz ausgezogen ist. In seinem «Monograph» (1889), aus dem diese Zeichnung genommen sein soll, ist nichts davon zu sehen. Die Verbindung mit dem Kerne, die äußere Kernkontur und die Zuspitzung des Kernbinnenkörpers ist offenbar später eingezeichnet.

In seinem «Monograph», pag. 777, bemerkt er bei der speciellen Beschreibung der Kragenzellen nichts davon und gibt nur eine Zeichnung, nach der die Geißel sich in mehrere divergierende Wurzeln fortsetzt, die im oberen Teile der Zelle aufhören.

Später (1896) gibt er bei Clavulina chondrilla-nucula eine Verbindung zwischen Kern und Geißel an.

An den Wimperzellen der Metazoen hat nach *Friedreich* (1858) zuerst *Valentin* (1842) an Muschelkiemen und Respirationsorganen, *Bühlmann* (1843) an letzteren beobachtet, daß die Flimmerhaare sich in die Tiefe der Zelle hinein fortsetzen. Außerdem führt er eine etwas vage Andeutung von *Gerber* (1840) an.

Friedreich selber konnte an Flimmerzellen aus dem Ventrikel kranker Kindergehirne pag. 535, 536

«die Flimmerhaare durch den homogenen Saum der Zelle hindurch in die Zelle selbst herabsteigen sehen, und zwar ragte die eine oder die andere Cilie nur ein Stück weit in das Zelllumen herein (Fig. c), oder es ließen sich einzelne oder selbst sämtliche Cilien bis herab zum Kerne, oder selbst noch über denselben hinaus, bis mehr oder minder vollständig herab in den Grund der Zelle verfolgen (Fig. d); letzteres allerdings nur in selteneren Fällen, jedoch hier mit einer solchen Deutlichkeit und Schärfe, daß kein Zweifel obwalten konnte. Jedem einzelnen Flimmerhaare schien in solchen Fällen eine Strichelung des Saumes zu entsprechen, und jede durch die Zelle herabtretende Linie zeigte sich ihrerseits ebenso als eine nach unten tretende Fortsetzung eines Strichelchens des Zellendeckels. . . . Mitunter saßen einzelne Fetttröpfchen an (oder in?) den durch die Zelle verlaufenden Fäden (Fig. c) oder an dem in das Lumen der Zelle hereinragenden Ende der Cilie (Fig. c).»

pag. 537: «Es scheint . . . in der Streifung der Zellendeckel ein Strukturverhältnis gegeben zu sein, welches mit den Vorgängen der Resorption im allgemeinen in Beziehung zu bringen ist, und als solches möchte ich auch die oben beschriebenen fadenförmigen, durch die Zelle hindurchgehenden Verlängerungen der Strichelungen vorläufig betrachten.»

Wenn auch die im weiteren gegebene Vorstellung über die Existenz feinster kapillarer Röhrchen, die mit den Lymphgefäßursprüngen in Verbindung treten sollten, heute kaum einigen Anklang finden dürfte und die Verhältnisse jedenfalls komplizierter liegen, so möchte ich doch bemerken, daß mir scheint, daß diese eventuelle Beziehung zur Resorption oder auch zur Ausscheidung für die Flimmerzellen heutzutage viel zu wenig berücksichtigt wird. Ich habe die Beschreibung *Friedreich*'s in extenso angeführt, um zu zeigen, daß hier schon das meiste beschrieben war, was erst nach manchen Kämpfen allgemeine Anerkennung fand.

Es sind diese, von *Engelmann* (1880) als Wimperwurzeln bezeichneten, Differenzierungen des Zellleibes von einer großen Anzahl von Forschern an den verschiedensten Objekten nachgewiesen worden. Wo sie auftreten, konnten sie verschieden weit in den Zellleib verfolgt werden, oft bis in die Nähe des Kernes oder über diesen hinaus.

Eimer (1877) glaubte beim Axolotl wiederholt solche Fortsetzungen der Wimperfäden direkt in das Netz des Kernes übertreten zu sehen. «An gewissen dem Ektoderm angehörigen Geißelzellen von Aurelia und Cyanea aber» findet er «eine ganz unmittelbare Fortsetzung des Wimperhaares durch den Kern hindurch in ein Nervenfädchen, welches am unteren Ende der Zelle austritt.» (Unter dem Nervenfädchen ist wohl nur ein protoplasmatischer Zellfortsatz zu verstehen.) Er hebt aber besonders hervor, «daß die Fäden, welche die Fortsetzung der Wimperhaare im Zellkörper bilden, sich allem Anscheine nach von dem ein Maschennetz bildenden Protoplasmafäden des Zellkörpers in nichts unterscheiden — aber die Art ihres Verlaufs verleiht ihnen etwas Besonderes».

Über diesen Punkt bestehen nun große Meinungsverschiedenheiten, indem eine große Mehrzahl von Forschern, besonders wohl den Untersuchungen *Engelmann*'s (1880) folgend, in der Längsstreifung den Ausdruck einer Differenzierung in feste Fibrillen sahen, andere dagegen, wie *Leydig* (1885), *Bütschli* (1892 und in mehreren Arbeiten), nur den Ausdruck einer regelmäßigen Struktur des Protoplasmas darin erblicken wollen. Die Beweise für die erstere Anschauung scheinen mir wesentlich geschöpft aus den Befunden, wie sie das Darmepithelzellen gewisser Lamellibranchiaten (Anodonta, Unio, Cyclas), die nach dem Hinweise von *Eberth* (1866) als ein ganz besonders beliebtes Untersuchungsobjekt sich darboten, oftmals erkennen lassen. Ich habe mir auch zunächst dieses Objekt für meine Untersuchungen gewählt, und mir fiel (die Untersuchungen wurden im Winter 1897/98 gemacht) gleich von vornherein auf, daß die isolierten Zellen oft ein ganz verschiedenes Aussehen zeigten bezüglich der Deutlichkeit der fibrillären Struktur. Ich konnte aber nicht entscheiden, ob diese Verschiedenheit etwa an verschiedene Regionen des Darmquerschnittes gebunden sei. Erst später fand ich die Angabe *Apáthy*'s darüber, auf die ich später zurückkomme. Ich konnte mich an Flimmerzellen, die auf dem Darmquerschnitt gut in ganzer Längenausdehnung getroffen waren, nur davon überzeugen, daß die Längsstreifung zustande kommt durch die aneinanderstoßenden Kanten regelmäßig längs gestellter Wabenräume, was vollständig der Ansicht *Bütschli*'s entspricht.

Diese Streifen setzen sich in die von *Eimer* (1877) zuerst genauer beschriebenen, von *Engelmann* (1880) und *Frenzel* (1886) eingehend studierten Basalstücke der Wimpern fort. Gegen den Kern hin konnte ich auf Schnittpräparaten die regelmäßige längsstreifige Struktur nur bis zu einer mehr oder minder großen Ent-

fernung vom Kerne verfolgen, indem hier der durch die Streifung gebildete Kegel stumpf zu endigen, oder oft durch eine Art von Vakuole, ein ander Mal durch ein sehr feinwabiges Plasma unterbrochen schien, ähnlich wie es *Lenhossèk* (1898) angibt.

Mit dem oben angegebenen Bau stimmen auch die Angaben von *Leydig* (1885) und *Gaule* (1881) gut überein.

Engelmann (1880) selbst gibt mehrfach an, daß nicht nur die Wimperwurzeln in Zellen verschiedenen Ursprungs sich verschieden verhalten, sondern daß auch im Darme der Lamellibranchiaten zu unterscheiden sei zwischen langen und schmalen, und kürzeren und breiten Zellen, und daß an ersteren dieser Apparat von allen bisher untersuchten Zellen am höchsten ausgebildet sei. Nur an diesen ist ihm und vorher *Nußbaum* (1877), soviel ich sehen kann, die Isolation einzelner Wimperwurzelstreifen mit daran hängenden ein oder zwei Wimpern oder die Isolierung des ganzen Fibrillenkonus mit dem nach dem Kern und über den Kern hinaus auslaufenden Stammfaden gelungen. Für diese bleibt freilich nichts anderes übrig, als eine Differenzierung des Protoplasmas in festere Fäden anzunehmen, die sich innerhalb des regelmäßig gestellten Maschenwerkes finden, für das ich einen Ausdruck in den von *Engelmann* gezeichneten regelmäßigen Verdickungen sehe. Von den übrigen untersuchten Wimperzellen betont *Engelmann* pag. 531 das Folgende: «In der großen Mehrzahl sind, wie wir sehen, die Wimperwurzeln so äußerst weich und vergänglich, daß .... ihnen irgend ein wesentlicher Nutzen für die Befestigung der Wimpern unmöglich zugeschrieben werden kann».

Während *Engelmann* außerdem die Deutung der Wimperwurzeln als nervöser Bestandteile zurückweist, bringt *Apáthy* (1897) den von *Engelmann* isolierten Fibrillenkonus in den Darmflimmerzellen von Anodonta in Zusammenhang mit den nervösen, leitenden Primitivfibrillen und faßt die Lagebeziehungen so auf, daß dieser Fibrillenkonus nur in den Flimmerzellen des konvexen Randes der Darmfalte zu finden sei. Und zwar tritt er hier neben und außer den auch an den übrigen Darmflimmerzellen zu beobachtenden Wimperwurzeln auf. Diese letzteren verhalten sich, wie sonst geschildert, indem sie an ihrer Basis innerhalb der Cuticula in einen Bulbus, dann in eine basale Anschwellung übergehen und sich dann in das Innere der Zelle fortsetzen, ohne den Kern zu erreichen. Wenn ich *Apáthy* recht verstehe, faßt er diese, wie auch die freien Wimpern als Myofibrillen auf. Mit diesen Wimperwurzeln alternierend und

ihnen dicht anliegend, verlaufen die distal sich in einen Fibrillenkonus verzweigenden Neurofibrillen, deren Stammfibrille oftmals am Kern vorbeiziehend zu verfolgen ist. Diese Fibrillen des Konus endigen neben den Anschwellungen der Wimper in einem Basalkörperchen und einem von ihm distal gelegenen Endknöpfchen.

Die Cuticula faßt *Apáthy* als ein fertiges oder präformiertes Exkretionsprodukt auf. Zwischen den freien Enden der Zellen, die immer einen lateralen, nicht von Cilien durchbrochenen Saum zeigen, beschreibt *Apáthy* und zeichnet ein dunkles Körperchen, von dem ein frei flottierendes Fädchen sich nach außen erstreckt. Ebenso geht von jenem Körperchen manchmal ein centripetal zwischen den Zellen verlaufendes Fädchen aus, das manchmal mit den leitenden intercellulären Nervenfibrillen in Zusammenhang gefunden wurde, zugehörig *Apáthy*'s Fig., Taf. XXVI, 7, XXXII, 5, letztere schematisch. Es ist dies ein sonst, soviel ich gefunden habe, noch nicht beschriebener Befund. Das dunkle Körperchen zwischen den freien Zellenrändern ist vielleicht ein Querschnitt durch die von *Cohn* (1897) beschriebenen Schlußleisten.

Die Bilder *Apáthy*'s sind die Früchte der von ihm angewandten Goldmethode. Eine Kritik ist wohl ohne Nachprüfung seiner Methoden kaum möglich. An seine Befunde erinnert höchstens die Angabe *Nußbaum*'s (1877), der die Wimperwurzeln aus einem stärker lichtbrechenden und einem schwächer lichtbrechenden Teile, die einander parallel laufen, zusammengesetzt fand. Wichtig scheint mir die Angabe, daß sich der sogenannte Fibrillenkonus in dieser besonderen Ausbildung nur an den Zellen des konvexen Randes des Anodontadarmes findet, was auch *Lenhossèk* (1898) bestätigt und das auch meine Befunde erklärt, da ich in Macerationspräparaten immer nur wenige Zellen fand, die noch bei starken Vergrößerungen eine Differenzierung von Fibrillen zeigten. Man darf sich daher wohl fragen, ob überhaupt dieser nur in gewissen Zellen des Lamellibranchiaten-Darmes aufgefundene Fibrillenkonus mit den sonst beschriebenen Wimperwurzeln etwas zu thun hat oder vielleicht eine ganz besondere Bildung darstellt, die nicht verallgemeinert werden darf.

Eine gleiche Differenzierung dürften bisher vielleicht nur einzelne Zellen der Lamellibranchiaten-Kiemenblättchen und die von *Maurice* (1888) bei Fragaroides aurantiacum, einer zusammengesetzten Ascidie, beschriebenen Epithelzellen des Ösophagus haben.

Wenn nun auch ein direkter und inniger Zusammenhang der Wimpern, resp. Wimperwurzeln, der Flimmerzellen der Metazoen mit

dem Kerne bei der großen Verschiedenheit der Befunde, die ich in der Litteratur verstreut fand, als allgemeiner verbreitet kaum anzunehmen ist, so scheint sich neuerdings eine ganz andere Beziehung zwischen den Geißelapparaten der Protozoen, den Schwanzachsenfäden von Spermatozoen bei Pflanzen und Tieren und Wimperapparaten der Flimmerzellen der Metazoen aufzuthun, auf die ich noch hinweisen möchte. Bei den Spermatozoen ist seit langem bekannt, daß der Achsenfaden des Schwanzes mit dem Kopfe in direkter Verbindung steht durch das Mittelstück hindurch (cf. *Eimer* 1874). Nun haben aber die Forschungen der letzten Jahre unter Beteiligung verschiedener Forscher ergeben, daß der Schwanzachsenfaden der Spermatozoen aus dem Centralkörperchen der Spermatocyten entsteht, das seinerseits zugleich die Verbindung mit dem Kerne herstellt und zum Mittelstücke wird.

Auf dem Umwege nun über die Spermatozoen und anschließend an ihre Befunde an den Centralkörpern bei diesen, die sich ja außer ihren Beziehungen zur Zell- und Kernteilung durch besondere Farbreaktionen auszeichnen, haben im April dieses Jahres ungefähr gleichzeitig zwei Forscher, *Henneguy* (1898) und *Lenhossèk* (1898), die Ansicht zu begründen versucht, daß die Basalkörperchen der Flimmerzellen, von denen schon, hauptsächlich seit *Engelmann*'s (1880) Untersuchungen, eine besondere Färbbarkeit lange bekannt war, aus Centralkörpern hervorgingen und diesen gleichzusetzen seien, und daß somit die Centralkörper anzusehen seien als Centren, die nicht nur die Bewegungserscheinungen im Zellleibe, sondern auch deren Bethätigung durch äußere Organe in einer gewissen Weise beherrschten.

Henneguy beschreibt, wie schon *Meves* (1897) vorher gethan hatte, an Samenzellen von Lepidopteren in der zweiten bis dritten Generation Zellen mit je vier geißelartigen fädigen Anhängen. Diese gehen von unzweifelhaften Centralkörpern aus, die bei der Teilung die Rolle von Polkörperchen übernehmen und mit den fädigen Anhängen während der Teilung in Zusammenhang bleiben. *Henneguy* findet diese Centralkörper nicht V-förmig wie *Meves*, sondern die Schenkel des V getrennt und somit an je einem fädigen Anhang je ein kleines Körperchen; diese aber stehen paarweise zusammen. Sie zeichnen sich durch scharfe Färbbarkeit mit Safranin aus und lassen um sich herum eine deutliche Plasmastrahlung erkennen. *Henneguy* weist nun auf die bemerkenswerte Ähnlichkeit dieser Bilder mit denen an Flimmerzellen hin, indem er die fädigen Anhänge den Wimpern,

die Plasmastrahlung den Wimperwurzeln, die Centralkörperchen den Basalkörperchen der Wimperzellen, die durch gleiche Färbbarkeit ausgezeichnet sind, vergleicht. Er weist dann auf die Befunde *Zimmermann's* (1894) und von *Heidenhain-Cohn* (1897) hin, die nachweisen, daß bei Cylinderzellen verschiedensten Ursprungs die Centralkörper dicht an und unter der freien Zellenoberfläche gelegen sind.

Lenkossèk's Ausgangsobjekt bildet das Nebenhodenepithel von jungen Kaninchen und Ratten. Hier finden sich flimmernde und nicht flimmernde Zellen unmittelbar nebeneinander und *Lenhossèk* konnte sich überzeugen, daß die Basalkörperchen der Flimmerhaare und die Centralkörperchen der Cylinderzellen sich nach der *Heidenhain'*schen Hämatoxylineisenlackfärbung genau gleichmäßig färben und genau dieselbe Lage in der Zelle aufweisen. Außerdem zeichnen sie sich in ungefärbtem Zustande, wie die Centralkörper, durch starkes Lichtbrechungsvermögen aus. Ferner zieht er die Analogie mit Samenfäden, die er «mit *Kölliker* (1841)» als modifizierte Flimmerzellen auffaßt, und weist besonders auf einen Befund von *v. Erlanger* (1897) an den wurmförmigen Samenfäden von Paludina vivipara hin, deren Geißeln an einem terminalen stark lichtbrechenden Plättchen ansetzen. Zum strikten Beweise seiner Annahme wünscht er den entwicklungsgeschichtlichen Nachweis, daß diese Basalkörperchen aus früheren Polkörperchen entstehen, und weist auf den Befund von *Hammar* hin, der (1897) nachweisen konnte, daß in Nebenhodenkanälchen des Hundes Kernteilungen vorkommen, bei denen der Wimperbesatz der Zellen bestehen bleibt (pag. 16. — Leider ist dort keine Angabe über die Basalkörperchen zu finden). — Indem er nun ganz verschiedene Flimmerzellen untersucht, sucht *Lenhossèk* nachzuweisen, daß das Flimmerhaar, um bewegungsfähig zu sein, alles entbehren könne: Cuticula, Kern und Protoplasma, — letzteres durch den Hinweis auf fast vollständig schleimig degenerierte Zellen, die an der Oberfläche normal schlagende Wimpern trugen —; nur die Centralkörperchen resp. Basalkörperchen nicht[1]). Auch die Fibrillen der Wimperwurzeln können nicht unbedingt wichtig sein, denn sie kommen längst nicht überall vor. Er wendet sich ebenso gegen die neu von *Apáthy* aufgenommene Annahme von der nervösen Natur der Fibrillen, wie gegen *Engelmann's* Ernährungshypothese und hält sie für keineswegs charakteristisch für die Flimmerzelle. Er weist aber wie frühere Forscher

[1]) Ähnliches sucht neuerdings *Peter* nachzuweisen (vergl. Anmerkung am Schlusse der Arbeit).

darauf hin, daß ähnliche Strukturen auch in flimmerlosen Cylinderzellen wiederkehren, und müßte meiner Meinung nach schärfer betonen, daß dies gerade immer stark resorbierende und stark secernierende resp. Flüssigkeit abgebende Zellen sind und daß gerade der von ihm citierte *Hammar* Beweise dafür bringt, daß die Flimmerzellen secernieren, wie er selbst ja auf die schleimführenden hinweist.

Lenhossèk weist, um die Rolle der Centralkörperchen noch höher zu heben, auf eine Bemerkung *Nußbaum*'s (1877) hin, daß «nach dem Zeugnisse sämtlicher Autoren isolierte Cilien für immer zu schlagen aufgehört haben», also nicht Sitz der Bewegung sein können, und schließt daraus, daß in irgend einer rätselhaften Weise die Bewegung von den Basalkörpern ausgeht, die ja Abkömmlinge der Centralkörper seien, die in ebenso rätselhafter Weise die Bewegungen bei der Zellteilung beeinflussen. Wenn ich nun auch gern die Annahme *Lenhossèk*'s und *Henneguy*'s als möglich anerkenne, daß die Basalkörperchen von Centralkörperchen abstammen und zu der Flimmerbewegung eine gewisse Beziehung haben können, so scheint mir *Lenhossèk*'s Schluß doch zu weit zu gehen, daß sie auch in einer unerklärten und rätselhaften Weise die Bewegung hervorrufen und bewirken. Erstlich scheint mir die Bemerkung *Nußbaum*'s nur auf die drei von ihm vorher erwähnten Autoren zu gehen und zweitens fügt jener gleich im Nachsatze hinzu, daß auch in der Zelle nach dem Absprengen der Cilien keine Bewegung mehr beobachtet werde. Außerdem aber haben wir Beispiele in der Litteratur für die selbständige Bewegung abgeworfener Geißeln, bei denen mir die Annahme kaum berechtigt erscheint, daß auch die Basalkörperchen mit abgerissen wurden, denn die jetzt geißellosen Zellenindividuen zeigten noch Lebenserscheinungen und Bewegung. Diese aber müßten doch nach *Lenhossèk*'s Annahme nach Verlust des Centralkörperchens aufhören.

Klebs (1883) konnte an den abgeworfenen Geißeln von Trachelomonas-Arten noch Zusammenziehen und Strecken beobachten (nach *Fischer* 1894).

Bütschli (1885) beobachtete bei einer Cilioflagellate, Glenodinium cinctum, dasselbe:

pag. 534. «Die Glenodinien stellen zunächst allmählich ihre Bewegungen ein und liegen ruhig da .... Dann bemerkt man plötzlich, wie sich in der Gegend der Querfurche eine Geißel zu einem dichten korkzieherartigen Gewinde aufrollt und deshalb, über den Rand des Wesens vorspringend, sichtbar wird. Ganz kurz darauf löst sich diese zu einem kleinen Paket aufgerollte Geißel mit einem Ruck

von dem Körper ab und bewegt sich ein Stück weit fort. Dieses kleine Geißelpaket kann nun zunächst einige Sekunden ruhig liegen bleiben und dann plötzlich in heftige umherflatternde Bewegungen übergehen oder es schwimmt gleich nach der Abstoßung in dieser Weise weiter. Diese Bewegung der abgelösten Geißel dauert etwa eine Minute oder wenig länger lebhaft fort, so daß es mit stärkeren Vergrößerungen recht schwierig ist, ihr zu folgen. Dabei bleibt die Geißel stets eng aufgerollt. Endlich gelangt sie zur Ruhe, indem sie ohne Zweifel völlig abstirbt.»

Diesen Prozeß konnte *Bütschli* ein Dutzendmal und mehr beobachten und macht auf die Wichtigkeit dieser Beobachtung für die Autonomie der Geißelbewegung noch besonders aufmerksam. *Schilling* (1891) konnte an dem gleichen Objekt die von *Bütschli* beobachtete schnelle Bewegung der bereits abgeworfenen Geißel bestätigen.

Fischer (1894), pag. 214, beobachtete bei Polytoma uvellae, daß die abgerissene Geißel noch ein oder einige Male zuckt und dann ruhig wird in ausgestrecktem oder verschlungenem Zustande.

Nach *Bütschli* (Protozoen, pag. 1790), der sich dort dahin ausspricht, daß auch die Wimpern der Infusorien autonome Gebilde sind, wollen *Kölliker* (1864) und *Ferd. Cohn* (1866) Bewegung an Cilien gesehen haben, die vom Körper gelöst waren; allerdings ersterer an mit Essigsäure behandelten, was die Mitteilung etwas zweifelhaft erscheinen läßt, letzterer an zerfließenden Exemplaren. Die ebenfalls dort angeführte Thatsache, daß von anderen an ganz kleinen abgelösten Plasmastücken, welche nur wenige Cilien tragen, die Fortdauer der Bewegung öfter beobachtet ist, und die Beobachtungen *Stein*'s über die selbständige Bewegung von Fasern aufgelöster Aftercirren kann man allerdings gegen *Lenhossèk* nicht mehr anführen. *Engelmann* (1868) gibt zwar pag. 460 bei Besprechung der gleichen Erscheinung an, daß jede einzelne abgespaltene Fibrille sich für sich zu bewegen pflegt, aber ich weiß nicht, ob in derselben Bewegungsrichtung oder nicht. Das letztere würde für Unabhängigkeit vom eventuellen Basalkörperchen sprechen. An solchen Flimmerhaaren aber, die nur an den Spitzen zerspalten waren, pag. 477, beobachtete *Engelmann*, daß manchmal die Hauptmasse des Haares ruhig bleibt und nur die Fibrillen an der Spitze des Haares lebhafte Bewegungen ausführen. Hier muß dann doch die Bewegung selbst durch die Cilien bedingt werden, wenn auch ein Impuls vielleicht dorthin geleitet werden könnte.

In demselben Sinne sind, meine ich, beweisend die Beobachtungen, die schon mehrfach an Geißeln gemacht worden sind, und die auch ich beispielsweise von den Schwärmerzellen der Myxomyceten erwähnen

konnte, daß nämlich der dem Körper nähere Teil der Geißel völlig ruhig gehalten wird, während der Endteil sich in lebhafter Wirbelbewegung befindet.

Man darf doch wohl mit einem gewissen Rechte Geißeln und Wimpern als gleichartige Gebilde ansehen. Ob freilich dies auch von den Knötchen gilt, die oftmals an der Basis der Geißeln beobachtet wurden, kann ich bisher nicht mit voller Sicherheit angeben. Färberisch freilich konnte ich an Myxomycetenschwärmern mit der *Heidenhain*'schen Färbung den Effekt erzielen, daß außer dem Kernbinnenkörper nur noch das basale Knötchen schwarz oder doch dunkel blieb, ich konnte aber niemals das Schicksal dieses Körperchens bei den geißellosen Schwärmern und noch weniger bei der Zellteilung verfolgen. Ich bin allerdings sehr geneigt, auch für die Flagellaten die gleiche Auffassung, wie *Henneguy* bei den Lepidopteren-Spermatocyten, gelten zu lassen. Es scheint mir darauf die bei vielen Arten beobachtete Teilung des Geißelapparates vor dem Beginn der übrigen Kern- und Zellteilung und das Bestehenbleiben desselben während der Teilung hinzudeuten[1].

Aus äußeren zwingenden Gründen sah ich mich veranlaßt, meine Arbeiten abzuschließen, und konnte ihnen daher nicht die Abrundung und Vollständigkeit geben, die ich gewünscht hätte. Ich bitte also die Lückenhaftigkeit derselben bei den einzelnen Abschnitten entschuldigen zu wollen. Besonders thut es mir leid, daß ich auf eine nähere Bearbeitung der Beziehungen meiner Befunde mit den an Insuforien und Spermatozoen gemachten vorläufig verzichten mußte.

Größtenteils wurden die mitgeteilten Untersuchungen ausgeführt im zoologischen Institut zu Heidelberg. Es sei mir gestattet, auch an dieser Stelle Herrn Geh. Hofrat Prof. Dr. *O. Bütschli* meinen wärmsten Dank abzustatten für die vielfache Anleitung und Unterstützung, die er mir mit immer gleicher Freundlichkeit zu teil werden ließ. Auch Herrn Prof. *Schuberg* sage ich für die vielfache Hülfe meinen besten Dank und ebenso allen den Herren, die so freundlich waren, mich durch Überlassen von Büchern ausgiebig zu unterstützen.

Abgeschlossen am 11. November 1898.

[1]) Nach einer Mitteilung im Anat. Anz. vom 25. Januar 1899 hat *K. Peter* die von *Lenhossèk* und *Henneguy* ausgesprochene Hypothese, daß die Basalkörperchen der Wimpern das eigentlich für die Bewegung derselben wichtige Element seien, auf experimentellem Wege an Flimmerzellen aus dem Darm von Anodonta zu erweisen gesucht. Er konnte die früheren Befunde, daß der Kern und der größte Teil des Protoplasma abgetrennt werden können, ohne daß die

Figurenerklärung.

Fig. 1. Mycetozoenschwärmer bei schwacher Vergrößerung (*Seibert* IV, Okular 2) mit Osmiumsäuredämpfen abgetötet und mit *Heidenh.* Hämatoxylin-Eisenlackfärbung kurze Zeit behandelt.

Fig. 2a und b. Skizzen nach Beobachtungen im Leben. In b hat sich der birnförmige Körper mehr ins Innere der Zelle zurückgezogen, die Geißel ist nachgezogen und dadurch verkürzt; ein breiter Protoplasmafortsatz ist zurückgeblieben.

Fig. 3a, b und c. Skizzen nach Beobachtungen im Leben. In a hat die Geißel gerade einen Sprung in der Pfeilrichtung gemacht und hat einen Protoplasmafortsatz zurückgelassen. In b ist die Geißel auf der Fortwanderung begriffen und hinterläßt bei der Wanderung über die Vakuolengegend hinweg wiederum zwei Pseudopodien, die in c noch fortbestehen, nachdem die Geißel in der umgekehrten Richtung zurückgeschnellt ist und ein viertes Pseudopodium hinterlassen hat.

Fig. 4. Mit Osmiumsäuredämpfen abgetötetes und nach *Heidenhain* gefärbtes Präparat; Begrenzung des Zellkörpers angedeutet.

Kern deutlich abgegrenzt im hinteren Drittel des birnförmigen Körpers und in dem Kerninnern die Andeutung einer Radiärstruktur um den Binnenkörper.

Das Verbindungsstück zwischen Geißel und Kern zeigt im mittleren Drittel eine dunklere Färbung. Die Geißel beginnt mit einem dunklen Knötchen.

Fig. 5—7. Mit 1%iger Osmiumsäure abgetötete, mehrere Stunden darin verbliebene und mit Karbolfuchsin über zwölf Stunden gefärbte Präparate.

Fig. 5. Deutlich in die Länge gezogener Kern mit dunkel gefärbter Kappe innerhalb des Verbindungsstückes.

Fig. 6. Ähnliche Verhältnisse. Von der Kernkappe aus zieht ein dunkler Verbindungsfaden zur Geißelbasis.

Fig. 7. Der Kern erscheint in dem vorderen, von den Ausläufern des Verbindungsstückes umgebenen Teile wie zusammengepreßt.

Fig. 8. Mit Chromosmiumsäure abgetötet, nach *Heidenh.* gefärbt und einige Tage in Wasser unter dem Deckglas aufgehoben und vorher mehrfach untersucht mit Immersionssystemen, wobei vielleicht das Deckglas stärker bewegt war. Der Kern, Verbindungsstück und Geißel sind zusammen vom Protoplasmakörper los-

---

Flimmerbewegung aufhört, bestätigen. Er glaubt ferner vollständig von Protoplasma befreite Wimperorgane, d. h. Wimpern mit Basalkörperchen und Wimperwurzeln, vor sich gehabt zu haben, deren Wimpern vollständig regelmäßig schlugen. Doch auch Zerstörung eines großen Teiles der Wimperwurzeln läßt die Thätigkeit der Flimmerhaare nicht aufhören. Andrerseits konnte er mit Ausnahme eines zweifelhaften Falles niemals ein ohne Basalkörperchen abgerissenes Wimperhaar schlagend antreffen. Dagegen konnte er bei Spermatozoen vom Frosche nachweisen, daß die Geißel in Thätigkeit bleibt, wenn mit dem Endknöpfchen, dem verwandelten Centralkörperchen abgerissen; ohne dieses aber nicht mehr schlägt. Somit schließt er darauf, daß der Teil der Hypothese *Lenhossèk*'s, daß das Basalkörperchen der Motor sei, zu Recht bestehe, während die Frage, ob die Basalkörperchen von Centralkörperchen abstammen, noch nicht völlig erwiesen ist.

gerissen, der unmittelbar in der Nähe lag. Wahrscheinlich ist aber noch eine dünne Protoplasmahülle um Kern und Verbindungsstück vorhanden.

Fig. 9. Mit *Hermann*'scher Flüssigkeit behandelt, nach *Heidenh.* gefärbt und stark differenziert; nur das Vorderende gezeichnet. Das basale Geißelknöpfchen ist stark gefärbt geblieben, durch das Verbindungsstück zieht ein dunkler Streifen scheinbar bis zum Binnenkörper.

Fig. 10. Aus denselben Präparaten mit Fig. 8. Im Kern ist eine radiäre Struktur angedeutet; innerhalb des Verbindungsstückes zieht sich ein centraler Faden zum Geißelansatz, außerdem zeigt sich eine quere Absetzung in der Mitte des Verbindungsstückes, wodurch eine Kreuzfigur entsteht. Um den Kern eine deutliche Alveolarschicht.

Fig. 11. Mit Osmiumsäuredämpfen abgetötet, mit 0.5%igem Hämatoxylin zwölf Stunden gefärbt, in der Farblösung untersucht.

Den am häufigsten gesehenen Bildern entsprechend. Zellkörper von Geißelbasis bis zum Hinterende 26 μ, Kern mit Verbindungsstück 9 μ lang; die Länge der Geißel ließ sich nicht genau feststellen.

Fig. 12 und 13. Ungefärbt untersucht, nachdem das Präparat längere Zeit Osmiumsäuredämpfen ausgesetzt war.

Fig. 13. Der nach oben offene Bogen innerhalb des Zellenkonturs war bei sehr tiefer Einstellung sichtbar, bei höherer Einstellung allmählich die anderen Details.

Fig. 14. Mit kalt gesättigter Sublimatlösung getötet, dann 24 Stunden absol. Alkohol, mit *Delaf.* Hämatoxylin stark gefärbt.

Der Kern grenzt nur noch mit dem Rande an die Hauptmasse der Zelle. Protoplasmasaum deutlich.

Fig. 15a und b. Geißelstücke, an denen eine feinere Struktur auftrat.

Fig. 16. Zwei Schwärmer durch eine lang ausgezogene schmale Protoplasmabrücke verbunden, die allerdings an einer Stelle abgebrochen ist. Teilungsstadium? Die Geißel des hinten liegenden Schwärmers zieht deutlich neben der Protoplasmabrücke her. Mit Sublimat abgetötet; Alkohol absolutus; *Heidenh.* Färbung.

Fig. 17a. Trachelomonas; Darstellung der Größenverhältnisse, der dunkle Fleck im Körper vorne entspricht dem Stigma. Mit Osmiumdämpfen abgetötet.

Fig. 17b. Die Geißel desselben Individuums, größer gezeichnet, mit deutlichem seitlichen Achsenfaden und Flossensaum.

Fig. 17c. Querschnitt derselben Geißel.

Fig. 18. Trachelomonas.

Fig. 18a. Die außerhalb des Körpers nicht deutlich zu verfolgende Geißel scheint sich zwischen den Pyrenoiden (py) hindurch zu der Kernoberfläche fortzusetzen.

Fig. 18b. Die Geißel zieht innerhalb des Körpers in derselben Richtung, scheint aber neben und, im Bilde, oberhalb des Kernes zu endigen. Es ist nicht festzustellen, ob die Verbreiterung im Körper sich auf die Geißelfortsetzung allein bezieht, oder ob die Geißel nur durch eine Art Schlund wie bei Euglena viridis bis zum Grunde desselben zieht. Die Pyrenoide (py) liegen seitlich, im Bilde ober- und unterhalb dieser Gebilde.

Fig. 19—23. Flagellaten mit zwei Geißeln aus dem Enddarm des Salamanders.

Fig. 21 zeigt die ungefähren Größenverhältnisse.

Fig. 19, 20 und 22. Die Beziehung des Geißelansatzes in einem basalen Knöpfchen, des Zwischenstückes und des Kerns.

Fig. 23. Dasselbe bei einer Flagellate desselben Ursprungs mit nur einer Geißel.

Fig. 24. Trachelomonas mit abgesprengter Schale.

Litteratur.

Mycetozoen.

59 *Bail*, Über die Myxogasteres *Fr.* (Myxomycetes *Wallroth*), Tafel I. Verhandl. zool.-bot. Ges. Wien, 1859, IX. Bd., pag. 31—34.

54 *L. de Bary*. Flora, 1854. Sitz.-Ber. Göttingen, pag. 647—648. Euglenaartige Gebilde aus Sporen von Trichia rubiformis.

58 — Über die Myxomyceten. Botan. Zeitung, 1858, pag. 357.

59 — Die Mycetozoen. Zeitschr. wiss. Zool., 10. Bd., 1859, pag. 88—175. 5 Tafeln.

62 — Die neueren Arbeiten über die Schleimpilze und ihre Stellung im System. Flora, 1862, pag. 264—772, 301.

64 — Die Mycetozoen (Schleimpilze), ein Beitrag zur Kenntnis der niedersten Organismen. 2. Aufl. Leipzig 1864, 132 S., 6 Kupfertafeln.

84 — Vergleichende Morphologie und Biologie der Pilze, Mycetozoen und Bakterien. Leipzig (Engelmann) 1884, 189 Holzschn.

83 *A. Braß,* Biologische Studien, Heft 1. Halle 1883. Die Organisation der tierischen Zelle.

91 *Osk. Brefeld,* Untersuchungen aus dem Gesamtgebiete der Mykologie, Heft IV, VI, 1891.

92 *L. Celakowski*, Über die Aufnahme lebender und toter verdaulicher Körper in das Plasmodium der Myxomyceten. Flora, 76. Bd., Ergänzungsbd. zu 1892.

93 *L. Celakowski* jun., Die Myxomyceten Böhmens. Prag 1893.

56 *L. Cienkowski*, Zur Genesis eines einzelligen Organismus. Bulletin phys.-math. Akad. St. Petersburg, Tafel XIV, 1856.

58 — Die Pseudogonidien. Jahrbücher wiss. Bot. *(Pringsheim)*, I. Bd., 1858, pag. 371—376, 1 Halbtafel.

59 — Über meinen Beweis für die Generatio aequivoca. Bulletin phys.-math. Akad. St. Petersburg, T. XVII, 1859.

61 — Über parasitische Schläuche auf Crustaceen und einigen Insektenlarven. Botan. Zeitung, No. 25, 1861, 1 Tafel, pag. 170—174.

63a — Zur Entwicklungsgeschichte der Myxomyceten. Jahrb. wiss. Bot., III. Bd., 1863, pag. 325—337.

63b — Das Plasmodium. Jahrb. wiss. Botan., III. Bd., 1863, pag. 400—441, Tafel 17—21.

65 — Beiträge zur Kenntnis der Monaden. *M. Schultzes* Archiv f. mikr. Anat., 1865, I. Bd., pag. 203—232, 3 Tafeln.

76 — Über einige Rhizopoden und verwandte Organismen. Arch. mikr. Anat., XII. Bd., 1876.

97 *J. B. Clifford*, Notes on some physiological properties of a Myxomicete plasmodium. Annals of Botany, Vol. XI, No. 42. 1897.

77 *M. C. Cook*, Myxomycetes of Great Britain. London 1877.

95 — Personal-Nomenclature in the Myxomycetes. Bulletin of the Torrey Botanical Club, 1895.

Dangeard, Recherches histologiques sur les Champignons. Le botaniste, série II, fasc. 2 et 3.

94 *J. Elias Durand*, Some rare Myxomycetes of central New-York with notes on the germination of Enteridium Roceanum. *J. M. Coulters* Botanical Gazette, Crawfordsville, Indiana, 19. Bd., No. 3, pag. 89—95, 2 tab., 1894.

92 *Engler*, Syllabus der Vorlesungen über spec. und medic. Botanik. Große Ausgabe, 1892, pag. 1.

97 *A. Engler* und *K. Prantl*, Die natürlichen Pflanzenfamilien, Teil I, Abt. 1. 1897.

72 *A. Famintzin* und *M. Woronin*, Ceratium hydnoides und Ceratium porioides als zwei neue Formen von Schleimpilzen. Vorläufige Mitteilung. Botan. Zeitung, Nr. 34, 1872.

73 — Über zwei neue Formen von Schleimpilzen: Ceratium hydnoides und Ceratium porioides. Mém. acad. Imp. Sc. St. Pétersbourg, sér. 7, tom. XX, 1873, 3.

95 *J. R. A. Harper*, Beitrag zur Kenntnis der Kernteilung und Sporenbildung im Ascus. Berichte der deutschen botan. Ges., XIII. Bd., 1895, Generalversamml., pag. 67—78, 1 Tafel.

96 *P. Hennings*, Myxomycetes, Phycomycetes, Urtilagineae und (Uredineae) in: Beiträge zur Pilzflora Südamerikas. Hedwigia, XXXV. Bd., 1896, Heft 4, pag. 212—224.

91 *J. E. Humprey*, Notes on technique II. *J. M. Coulters* Botanical Gazette. Crawfordsville, Indiana, 16. Vol., 1891, pag. 71 und 72.

83 *Jöhnsson*, Der richtende Einfluß strömenden Wassers auf wachsende Pflanzen und Pflanzenteile (Rheotropismus). Berichte der deutschen botan. Ges., Bd. I, pag. 512, 1883.

81 *Saville Kent*, Manual of the Infusoria. Appendix. 1881.

97 *Kolkwitz*, Die Bewegung der Schwärmer, Spermatozoiden und Plasmodien und ihre Abhängigkeit von äußeren Factoren. Sammelreferat 1885 bis 1896. Bot. Centralbl., LXX. Bd., 1897, 18. Jahrg., pag. 184—192.

56 *Lieberkühn*, Über parasitische Schläuche auf einigen Insektenlarven, Tafel XVIII. *Müllers* Archiv für Anatom. u. Physiol., 1856, pag. 494 bis 495.

73 — Über Bewegungserscheinung der Zellen. Schriften der Gesellsch. zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften, Marburg 1873, pag. 376, Tafel IV, Fig. 38.

89 *Arthur Lister*, Note on the Ingestion of Food-material by the Swarmcells of Mycetozoa. Journal of the Linnéan Soc. of London, Botany Vol. XXV, 1889, pag. 435—441.

90 — Notes on Chondrioderma difforme and other Mycetozoa. Annals of Botany, Vol. IV, 1890, pag. 281—298.

93 — On the division of Nucleï in the Mycetozoa. Journal of the Linnéan Society, 1893, Botany Vol. XXIX, pag. 529—542, 2 Tafeln.

94 *Arthur Lister*, A monograph of the Mycetozoa being a descriptive catalogue of the species in the Herbarium of the Brit. Museum. London 1894. 224 pag., 77 Tafeln.
95 — Guide to the British Mycetozoa exhibited in the Department of botany British Museum. London 1895. 42 pag. mit 44 Holzschn.
92 *G. Massee*, A monograph of the Myxogasteres. London 1892.
92 *F. H. Mc Bride*, The Myxomycetes of Eastern Iowa. Bulletin, Laboratory, Nat. hist. State University of Iowa, Vol. 11, 1892.
94 *C. O. Miller*, Über aseptische Protozoenkulturen und dazu verwendete Methoden. Centralbl. Bakt. und Paras.-K. XVI. Bd., 1894, pag. 273 bis 280.
98 — The aseptic cultivation of Mycetozoa. Qu. Journ. micr. Sc., N. S. No. 161, Vol. 41, P. I, March 1898, pag. 43—72; P. II, pag. 6—7.
90 *Pfeffer*, Zur Kenntnis der Plasmahaut und der Vakuolen. Abhandlg. königl. sächs. Ges. Wiss., Bd. XVI, No. 2, pag. 211—212.
88/89 *C. Raunkier*, Myxomycetes Daniae. Bot. Tidskr. 1888/89.
90 *G. A. Rex*, A remarkable Variation of Stemonitis Bauerlinii Maux. Proc. Acad. nat. Sc. Philadelphia 1890, pag. 36.
91 — New american Myxomycetes. Proc. Acad. nat. Sc. Philadelphia 1891, pag. 389—398.
92 *F. Rosen*, Beiträge zur Kenntnis der Pflanzenzelle. II: Studien über die Kerne und die Membranbildung bei Myxomyceten und Pilzen. Beiträge zur Biologie der Pflanzen *(Cohn)*, VI. Bd., Breslau 1892, Heft 2, pag. 245.
73 *J. F. Rostafinsky*, Versuch eines Systems der Mycetozoen. Inaug.-Dissertation, Straßburg 1873.
75 — Sluzowci (Mycetozoa) Monografia. Paris 1875.
76 — Dodatek I do Monografii Sluzowcow. 1876.
73 *E. Roze*, Des Myxomycètes et de leur place dans la système. Bull. Soc. bot. de France, tom. XX, 1873.
97a — Nouvelles recherches chez les Amylitrogus. C. R. hebd. acad. sc. Paris, CXXIV. Bd., 1897, pag. 248—250.
97b — Sur le Pseudocommis vitis Debray et sur de nouvelles preuves de l'existence de ce Myxomycète. C. R. hebd. acad. sc. Paris, CXXIV. Bd., 1897, pag. 1109—1111.
96 *K. Schilbersky*, Neuere Beiträge zur Morphologie und Systematik der Myxomyceten. Botan. Centralbl., LXIV. Bd., 1896, pag. 81—85, 1 Tafel.
79 *Schmitz*, Untersuchungen über die Zellkerne der Thallophyten. Verhandlg. naturhist. Ver. preuß. Rheinl. und Westfalen, 1879, pag. 4.
95 *E. P. Sheldon*, A study of some Minnesota Mycetozoa. Minnesota Botan. Studies 1895, Bull. No. 9, Pars VII *(H. G. Fox)*.
84 *C. Stahl*, Zur Biologie der Myxomyceten. Botan. Zeitung 1884, pag. 145 bis 191.
78 *E. Straßburger*, Wirkung des Lichtes und der Wärme auf Schwärmsporen, Jena 1878.
80 — Zellbildung und Zellteilung. 3. Aufl. Jena 1880.
84a — Zur Entwicklungsgeschichte der Trichia fallax. Botan. Zeitung 1884, pag. 305—316, Tafel III, pag. 321—326.

84b *E. Straßburger*, Das botanische Practicum. Jena 1884 u. neue Aufl.
92 — Schwärmsporen, Gameten, pflanzl. Spermatozoiden und das Wesen der Befruchtung. 1892. Histolog. Beiträge IV, pag. 47—158.
80 *van Tieghem*, Sur quelques Mycomycètes à plasmode aggrégé. Soc. Bot. de France 1880, pag. 317.
95 *Karl Freiherr von Tuboeuf*, Pflanzenkrankheiten durch kryptogame Parasiten verursacht. Eine Einführung in das Studium der parasitären Pilze, Schleimpilze, Spaltpilze und Algen. Zugleich eine Anleitung zur Bekämpfung von Krankheiten der Culturpflanzen. 300 Abbild. im Text. Berlin (Jul. Springer) 1895. 8°. 559 S.
86 *H. M. Ward*, The Morphology and Physiology of an Aquatic Myxomycete. Studies from the biological Laboratories of the Owens College. Vol. I, 1886.
63 *A. Wigand*, Zur Morphologie und Systematik der Gattungen Trichia und Arcyria. Jahrb. wiss. Bot., III. Bd., 1863, pag. 1—58.
89 *H. Wingate*, Notes on Enteridium Rozeanum. Proceedings Acad. of nat. sc. Philadelphia, 1889.
83' *Zopf*, Über einen neuen Schleimpilz im Schweinekörper: Haplococcus reticulus *Zopf*. Biolog. Centralbl. 1883, Bd. III, No. 22.
84 — Über niedere Saprolegnien. Nova act. Leopold. 1884.
85 — Die Pilztiere oder Schleimpilze. Breslau 1885.
89 — Vorkommen von Fettfarbstoffen bei Pilztieren (Mycetozoen). Flora, 1889, pag. 353.
92 — Zur Kenntnis der Labyrinthuleen einer Familie der Mycetozoen. Beiträge zur Physiologie und Morphologie niederer Organismen (Laborat. Halle), 2. Heft, 1892, pag. 36—48, 2 Tafeln, Leipzig.
94 — Ein in Saccaminagehäusen vorkommender Myxomycet. 2 Textfig. Zeitschrift wiss. Zool., LVII. Bd., 1894, pag. 18—19.

Protozoen.

84 *F. Blochmann*, Bemerkungen über einige Flagellaten. Tafel II, pag. 42 bis 49. Zeitschr. wiss. Zool., XL. Bd., 1884.
94 — Zur Kenntnis von Dimorpha mutans *Grub.* 3 Textabbild. Biolog. Centralbl., XIV. Bd., 1894, pag. 197—200.
85 *A. Brauer*, Bursaria truncatella unter Berücksichtigung anderer Heterotrichen und der Vorticellen. Jenaische Zeitschr., XIX (N. F. XII), 1885, pag. 489—519.
78 *O. Bütschli*, Beiträge zur Kenntnis der Flagellaten und einiger verwandter Organismen. Zeitschr. wiss. Zool., XXX. Bd., pag. 205—281, 1878.
85 — Einige Bemerkungen über gewisse Organisationsverhältnisse der Cilioflagellaten. Morphol. Jahrb., X. Bd., 1885.
80/82 — Sarkodina und Sporozoa. *Bronn*, Klassen und Ordnungen des Tierreiches, I, 1, 1880/82.
83/87 — Mastigophora. *Bronn*, Klassen und Ordnungen des Tierreiches, I, 2, 1883/87.
87/89 — Infusoria und System der Radiolaria. *Bronn*, Klassen und Ordnungen des Tierreiches, I, 3, 1887/89.

90/91 *O. Bütschli*, Zwei interessante Ciliatenformen. Biolog. Centralbl., X. Bd., 1890/91.
92 — Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma. Leipzig (Engelmann) 1892.
64 *Carter*, On freshwater rhizopoda of England and India. Annals of natural history, 1864, pag. 18—39.
70 *Cienkowsky*, Über Palmellaceen und einige Flagellaten. Archiv mikr. Anat., VI, pag. 432—34, Tafel XXIV, Fig. 44—56. 1870.
58/61 *Claparède* et *Lachmann*, Études sur les infusoires et rhizopodes. Mém. de l'institut Génevois, I, pag. 40—42; II, pag. 42—68, Taf. V—VII. 1858/61.
95 *O. Dill*, Die Gattung Chlamydomonas und ihre nächsten Verwandten. *Pringsh.* Jahrb. wiss. Bot., XXVIII. Bd., 1895, pag. 323—358, 1 Tafel.
94 *A. Fischer*, Über die Geißeln einiger Flagellaten, Taf. XI—XII. *Pringsh.* Jahrb. wiss. Bot., XXVI. Bd., 1894, pag. 187—235.
93a *R. Francé*, Über die Organisation der Choanoflagellaten. Zool. Anz., XVI. Bd., 1893, pag. 44.
93b — Zur Morphologie und Physiologie der Stigmata der Mastigophoren, Tafel VIII. Zeitschr. wiss. Zool., LVI. Bd., 1893, pag. 138—164.
94 — Die Polytomeen, eine morphol.-entwicklungsgeschichtliche Studie, Tafel XV—XVIII, 12 Textfig. *Pringsh.* Jahrb. wiss. Bot., XXVI Bd., 1894, pag. 295.
96 — Beiträge zur Kenntnis der Algengattung Carteria, 1 Tafel. Termerze trajci Füzetek. Vol. XIX, Pars I, 1896, pag. 105—113. Autorefer. Bot. Centralbl. Beih. z. 96.
92a *Joh. Frenzel*, Untersuchungen über die mikroskopische Fauna Argentiniens. I. Die Protozoen, eine Monographie der Protozoen Argentiniens, ihre systematische Stellung und Organisation. I. und II. Abt.: Die Rhizopoden und Helioamöben. 1. Hälfte, Tafel I—VI. Mit Nachtrag. Kassel (Th. Fischer) 1892.
92b — Über einige merkwürdige Protozoen Argentiniens. Zeitschr. wiss. Zool., LIII. Bd., 1892, pag. 334.
81 *A. Gruber*, Dimorpha mutans, Tafel XXIX. Zeitschr. wiss. Zool., XXXVI. Bd., 1881, pag. 445—470.
88 — Über einige Rhizopoden aus dem Genueser Hafen, 1 Tafel. Freiburg i. B. (Mohr) 1888. Sep.-Abdr. Ber. naturforsch. Ges. Freiburg i. B., Bd. IV.
86 *Heider*, pag. 19, cf. Poriferen.
83 *Henneguy*, Note sur un nouvel Infusoire cilié Ascobius lentus. Arch. de zool. expér. et gén. [2], II, 1883.
90a — Contribution à l'étude de la fausse des marais salants. C. R. de la Soc. de Biologie Paris 1890, 2. Nov.
90b — Sur un infusoire hétérotriche Fabrea salina (n. sp.). Annales de micrographie Paris, 1891, pag. 1—20, Tafel VI. Sep.-Abdr.
93 *H. P. Johnson*, A Contribution to the Morphology and Biologie of the Stentors. Journ. of Morphology, Vol. VIII, No. 3, Boston 1893, pag. 467—556, Pl. 23—26. Sep.-Abdr.

80/82 *S. Kent,* A manual of Infusoria. London 1880/82.

83a *G. Klebs,* Die Organisation einiger Flagellatengruppen. Arbeiten aus dem botan. Institut zu Würzburg, 1883.

83b — Über die Organisation einiger Flagellatengruppen und ihre Beziehungen zu Algen und Infusorien. Untersuchungen a. d. botan. Institut Tübingen, I, pag. 255, 2 Tafeln, 1883.

93 — Flagellatenstudien. I, pag. 265—351, Taf. XIII—XVI; II, pag. 353 bis 445, Taf. XVII—XVIII. Zeitschr. wiss. Zool., LV. Bd., 1893.

82 *J. Kunstler,* Contribution à l'étude des flagellés. 3 Pl. Bull. soc. zool. de France, VII Année, 1882, pag. 1—112.

89 — Recherches sur la Morphologie des Flagellés. Pl. XIV—XXII. Bulletin scientifique 1889, Tome XX, pag. 399—515. Sep.-Abdr.

96 *E. Ray Lankester,* Chlamydomyxa montana, n. sp., one of the Protozoa Gymnomyxa. Pl. XIV u. XV. Quart. Journ. of Microscop. Sc. [N. S.] Vol. 39, pag. 233—244, 1897.

89 *F. Löffler*, Eine neue Methode zum Färben der Mikroorganismen, im besonderen ihrer Wimperhaare und Geißeln. Centralblatt f. Bakteriol. u. Parasitenk. VI. Bd., pag. 209, 1889.

94 *F. Marchand*, Über das Vorkommen von Trichomonas im Harne eines Mannes, nebst Bemerkungen über Trichomonas vaginalis. 1 Tafel. Centralbl. f. Bakteriol. u. Parasitenkunde, XV, 1894, pag. 709—720. Sep.-Abdr.

83 *Maupas*, Contribution à l'étude morphologique et anatomique des Infusoires ciliés. Arch. de zool. exp. et génér. [2], tom. I, 1883.

97 *Hans Meyer*, Untersuchungen über einige Flagellaten. T. 23. Revue Suisse de Zool. et Annales du Musée d'histoire naturelle de Genève, T. V, pag. 43—89, 1897.

94 *Fr. Schaudinn,* Camptonema nutans nov. gen. nov. spec., ein neuer mariner Rhizopode, 1 Tafel. Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Berlin, 1894, LII. Bd., pag. 1277. Sep.-Abdruck.

96 — Über die Copulation von Actinophrys sol *Ehrbg.,* 6 Textfiguren. Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Berlin, Jg. 1896, pag. 83—89, I. Halbb.

89 *W. Schewiakoff,* Beiträge zur Kenntnis der holotrichen Ciliaten. Bibl. Zool., Heft 5, 77 pag., 7 Tafeln, Kassel 1889.

91 *Schilling,* Die Süßwasser-Peridineen. Flora 1891, 74. Jahrg., pag. 220 bis 300, Taf. VIII—X.

93 *Schmidle,* Über den Bau und die Entwicklung von Chlamydomonas Kleinii n. sp. Tafel I, pag. 16—26. Flora 1893, LXXVII. Bd.

96 — Chlamydomonas grandis *Stein* und Chlamydomonas Kleinii *Schmidle.* Flora 1896, Heft 2, pag. 85—89, 6 Textfig.

54 *Schneider*, Beiträge zur Naturgeschichte der Infusorien. Tafel IX. Archiv f. Anat. und Physiol., 1854, pag. 191—207.

86 *Aug. Schuberg,* Über den Bau von bursaria truncatella, mit besonderer Berücksichtigung der protoplasmatischen Strukturen. Tafel XXIX. 2 Textfiguren. Morphol. Jahrbuch, XII, 1886, pag. 333—365. Sep.-Abdr.

90 — Zur Kenntnis des Stentor coeruleus, Tafel XIV. Zool. Jahrb., IV. Bd., 1890, Abt. f. Morphol., pag. 197—238. Sep.-Abdr.

75 *Fr. Eilh. Schultze,* Rhizopodenstudien V. Mastigamoeba aspera. Tafel XXXV. Arch. mikr. Anat., XI. Bd., 1875, pag. 583—592.

85 *Seligo*, Untersuchungen über Flagellaten. Inaug.-Dissert. Breslau 1885. *Cohns* Beitr. z. Biolog., IV, 1887, Heft 2, 1886, pag. 145—148. Taf. VIII.

76 *H. Simroth*, Zur Kenntnis des Bewegungsapparates der Infusionstiere. Arch. mikr. Anat., XII, 1876, pag. 51—86, Tafel IX.

59 *F. Stein*, Der Organismus der Infusionstiere, I. Abt. Leipzig 1859.

78 *v. Sterki*, Beiträge zur Morphologie der Oxytrichinen. Zeitschr. wiss. Zool., XXXI, 1878, pag. 29—58.

69 *Tatem*, On freeswimming Amoeba. Monthl. micr. journ. I, 1869, pag. 352—354, Tafel XVII.

98 *Toenniges*, Die feineren Bauverhältnisse von Opalina ranarum. Sitz.-Bericht, Gesellsch. z. Beförderung d. ges. Naturw. Marburg, No. 6, Juli 1898. Sep.-Abdr.

94 *Zacharias*, Uroglena volvox. Zool. Anz. 1894, No. 17, pag. 353. Jahresbericht biol. Stat. Plön.

Poriferen.

92 *George Bidder*, Note on Excretion in Sponges. Proceed. Roy. Soc., Vol. LI, 1892, pag. 474—484 m. Textfig.

94 — The collar-cells of sponges. Zool. Anz. 1894, XVII. Jahrg., pag. 167—168.

95 — The collar-cells of Heterocoela, Pl. II. Qu. Journ. Micr. Sc. (N.-S.), XXXVIII. Bd., 1895, pag. 9—43.

91 *A. Dendy*, Studies on the comparative Anatomy of Sponges. III. On the Anatomy of Grantia labyrinthica, Carter, and the so-called Family Teichonidae. Pl. I—IV. Quart. Journ. of Micr. Sc. [N. S.] Vol. XXXII, 1891, pag. 1—39.

86 *Heider*, Zur Metamorphose der Oscarella lobularis *O. Schm.* Arbeiten Zool. Inst. Wien, Vol. VI, 1886, pag. 175—236, mit 3 Taf.

89 *v. Lendenfeld*, A Monograph of the horny Sponges. London 1889.

90/91 — Experimentelle Untersuchungen über die Physiologie der Spongien. Biol. Centralbl., X. Bd., 1890/91, pag. 71 u. 102. Autoreferat.

96 — Die Clavulina der Adria. Nova acta k. Leop. Akad., LXIX, 1896, Fig. 115.

97 — Der Tierstamm der Spongien, mit 36 Textfig. Der zoolog. Garten (zoolog. Beobachter), 38. Jahrg., Frankfurt a. M. 1897.

92 *E. A. Minchin*, Some Points in the Histology of Leucosolenia (Ascella) clathras O. S. Zoolog. Anzeig., XV. Bd., 1892, pag. 180—184.

96 — Note on the larva and the postlarval Development of Leucosolenia variabilis *H.*, with Remarks on the Development of other Asconidae. Proceed. Roy. Soc., Vol. LX, 1896, pag. 43—53, 7 Fig.

98 — Materials for a monograph of the Ascons. I: On the origin and growth of the triradiate and quadriradiate spicules in the family Clathrinidae. Qu. Journ. Micr. Sc. (N. S.), Vol. XL, 1898.

93 *Vosmaer* and *Pekelharing*. Tijdschr. Nederl. Dierk. Ver. (ii), Deel 4, 1893, pag. 38 (Halichondria).

96 *W. Weltner*, Über Spongilla. Blätter für Aquarien- und Terrarienfreunde, 1896, Bd. VII, No. 24, pag. 277—285. Sep.-Abdr.

Flimmerzellen.

84 *Stefan Apáthy*, Tanúlmány a Najadenk Szorcthanáról-Értekezések a Termés zettudományok koréböl, kiadja a M. T. Akademia. XVI. Kot. VIII. f., 1884, 121 pag., 102 Fig.

88 — Studie über die Histologie der Najaden. Biolog. Centralbl. VII, 1888. Auszug aus der ungarischen Arbeit.

97 — Das leitende Element des Nervensystems und seine topographischen Beziehungen zu Nervenzellen. Mitt. Zool. Stat. Neapel, XII. Bd., 1897, pag. 445—748, Taf. XXIII—XXXII.

98 *J. Arnold*, Über Struktur und Architektur der Zellen. I. Mitteil. Taf. X. Archiv mikr. Anat., LII. Bd., 1898, pag. 134—151 (pag. 146).

96 *Richard Ashton*, Notes on the Ciliation of the Ectoderm of the amphibien Embryo. Qu. Journ. Nat. Sc. (N. S.), XXXVIII. Vol., 1896.

96 *Ballowitz*, Fibrilläre Struktur und Contractilität. *Pflügers* Archiv, XLVI. Bd., 1896, pag. 433.

98 *L. Böhmig*, Beiträge zur Anatomie und Histiologie von Nemertinen: Geonemertes chaliophora. Zeitschr. wiss. Zool., LXIV. Bd., Tafel XIII, Fig. 6, 1898.

43 *Bühlmann*, Zur Kenntnis der kranken Schleimhaut der Respirationsorgane und ihrer Produkte durch das Mikroskop. Bern 1893, pag. 42.

90/91 *Bütschli*. Biolog. Centralbl., X, 1890/91.

97 *Dav. Carazzi*, Contributo all' istologia e alla fissiologia dei Lamellibranchi. Mitteilungen zool. Station Neapel, XII. Bd., 1897, pag. 381—431, Tav. XVIII.

73 *E. Claparède*, Recherches sur la structure des Annelides sédentaires. Genf 1873, pag. 27—29, Pl. XIV.

97 *Cohn*, cf. *Heidenhain* und *Cohn*.

97 *R. Disselhorst*, Die accessor. Geschlechtsdrüsen der Wirbeltiere. Wiesbaden 1897, pag. 232.

66 *J. Eberth*, Zur Kenntnis des feineren Baues der Flimmerepithelien. *Virchows* Arch. f. pathol. Anat., XXXV. Bd., 1866, pag. 477—478.

74 *Th. Eimer*, Untersuchungen über den Bau und die Bewegung der Samenfäden. Verhandl. d. phys.-med. Gesellsch. Würzburg, N. F., VI. Bd., 1874, pag. 93—136, Tafel V.

77 — Weitere Nachrichten über den Bau der Zellkerne, nebst Bemerkungen über Wimperepithelien. Archiv mikr. Anat., 1877, XIV. Bd. pag. 94—118, Tafel VII.

98 *Th. W. Engelmann*, Über die Flimmerbewegung, Tafel VI. Jen. Zeitschr. f. Mediz., IV. Bd., 1868, pag. 321—479.

80 — Zur Anatomie und Physiologie der Flimmerzellen. Taf. V. *Pflüger*, Arch. d. ges. Physiol., XXIII. Bd., 1880, pag. 505.

77 *R. v. Erlanger*, Bemerkungen über die wurmförmigen Spermatozoen von Paludina vivipara. 1 Fig. Anat. Anz. XIV, 1898, pag. 164—167.

68 *Walther Flemming*, Studien über die Entwicklungsgeschichte der Najaden, 4 Tafeln. Sitz.-Ber. k. Akad. Wiss. Berlin, III. Abt., Febr. 71. Jahrg., 1875, pag. 1—132. Sep.-Abdr.

86 *Frenzel*, Zum feineren Bau des Wimperapparates, Tafel VIII. Arch. mikr. Anat., XXVIII. Bd., 1886, pag. 53—80.

58 *Friedreich*, Einiges über die Struktur in Cylinder- und Flimmerepithelien. Kleinere Mitteilung. *Virchows* Archiv, XV. Bd., 1858, pag. 535—539, mit Textabbildungen.
81 *J. Gaule*, Das Flimmerepithel der Aricia foetida. Arch. Anat. u. Physiol. 1881, Physiol. Abt., pag. 153—160, Tafel III, Sep.-Abdr.
40 *Gerber*, Handbuch der allgem. Anatomie, 1840, pag. 91.
97 *J. A. Hammar*, Über Sekretionserscheinungen im Nebenhoden des Hundes. Arch. Anat. u. Physiol., 1897, Anat. Abt., Suppl.-Bd., pag. 1.
85 *B. Hatschek*, Entwicklung der Trochophora von Eupomatus mucinatus. Arbeiten zool. Institut Wien, Bd. VI, Heft 1, 1885, pag. 19, Tafel IV, Fig. 43—44, Tafel V, Fig. 50a.
88 — Zoologie, 1888, pag. 116.
97 *M. Heidenhain* und *Th. Cohn*, Über Mikrocentren in den Geweben des Vogelembryo. Morph. Arb. VII (Schwalbe), 1897, pag. 200—224, Abbild. im Text.
98a *L. F. Henneguy*, Sur le rapport des centrosoms avec les cils vibratiles, C. R. hebd. Acad. Sc. Paris, 1898, Mars, No. 13, pag. 975—978.
98b — Sur le rapport des centrosoms avec les cils vibratiles. Ausführliche Arbeit. Archives d'anatomie microscopique, t. I, fasc. IV, 1898, pag. 481—496, mit Textfig. Sep.-Abdr.
94 *Fr. Hermann*, Urogenitalsystem. Ergebn. Anat. Entwicklungsgsch. (Bonnet & Merkel), IV. Bd, 1894, pag. 141.
92 *Hertwig*, Die Zelle und die Gewebe. I, 1892, pag. 68.
83 *R. Jacobi*, Die Polydoren der Kieler Bucht. Inaugural-Dissertation. Kiel 1883.
79 *E. Klein*, Observations on the structure of cells and nuclei. Tafel VIII, Fig. 9 und 10. Qu. Journ. micr. Sc. (N. S.), XIX, 1879.
41 *Kölliker*, Beiträge zur Kenntnis der Geschlechtsverhältnisse und der Samenflüssigkeit wirbelloser Tiere, nebst einem Versuch über das Wesen und die Bildung der sogenannten Samentiere. Berlin 1841.
83 *A. Kowalewsky*, Étude sur l'embryologie du Dentale. Annales du Musée d'histoire natur. de Marseille. T. I, Mém. 7, 1883, pag. 14—26. Pl. II, 27, VI, 67, VII, 76.
90 *H. Kraft*, Zur Physiologie des Flimmerepithels bei Wirbeltieren. *Pflügers* Archiv d. ges. Physiol., 47. Bd., 1890.
66 *W. Kühne*, Über den Einfluß der Gase auf die Flimmerbewegung. Arch. mikr. Anat., II. Bd., 1866, pag. 372—377.
98 *M. v. Lenhossèk*, Über Flimmerzellen. 3 Abb. Anat. Anz., Ergh. z. XIV, 1898. Verhandl. d. anat. Ges., XII. Vers., Kiel, pag. 106—128.
83 *Leydig*, Unters. Anat. Histol. der Tiere. Bonn 1883.
85 — Zelle und Gewebe. Bonn 1885, pag. 7, 34, 105. Tafel.
66 *P. Marchi*, Beobachtungen über Wimperepithel. Arch. mikr. Anat., II. Bd., 1866, pag. 467—472, Tafel XXIII. Vorl. Mittlg.
88 *Charles Maurice*, Espèce d'ascidie composite (Fragaroides aurantiacum n. sp.). Liège 1888, Thèse de Paris (Archives de Biologie). Sep.-Abdr.
97 *Fr. Meves*, Über Centralkörper in männlichen Geschlechtszellen von Schmetterlingen. 2 Abb. Anat. Anz. XIV, 1898, pag. 1—6.

77 *Moritz Nußbaum*, Ein Beitrag zur Lehre von der Flimmerbewegung. Tafel XXVII, 2 Fig. Arch. mikr. Anat., XIV. Bd., 1877, pag. 390 bis 394.

77 *R. Holman Peck*, The minute structure of the gills of Lamellibranch Mollusca. Qu. Journ. micr. Sc., 1877, No. 65, Jan.

99 *Karl Peter*, Das Centrum für die Flimmer- und Geißelbewegung. 4 Abbild. Anat. Anz., XV. Bd., Januar 1899, pag. 271—283.

75 *Karl Posner*, Über den Bau der Najadenkieme. Tafel XXXI und XXXII. Arch. mikr. Anat., XI. Bd., 1875, pag. 517—560. Zugleich Inaug.-Dissertation. Leipzig 1875.

77 — Histologische Studien über die Kiemen der acephalen Mollusken. Tafel IX. Arch. mikr. Anat., XIV. Bd., 1877, pag. 132—157.

77 *Rabl*, Bemerkungen über den Bau der Najadenkieme. Tafel XXI. Jen. Zeitschr. f. Nat.-Wiss., XI. Bd., 1877, pag. 349—354.

68 *Rabl-Rückhard*, Einiges über Flimmerepithel und Becherzellen. Arch. Anat. und Physiolog., 1868, pag. 72—87, Tafel I A.

85 *L. Roule*, Recherches sur les Ascidies simples des côtes de Provence (Phalusiadées). Annales des sc. natur. de Marseille, t. II, 1884. cf. *Maurice*, pag. 134.

85 — Recherches sur les Ascidies simples de Provence (Cynthiadées, Molgulidées). Annales des sc. natur. Zool., Vol. XX, No. 1, 1885, pag. 71. cf. *Maurice*, pag. 134.

82 *W. Salensky*, Études sur le développement des Annélides. Arch. de Biolog., 1882, Pl. XIV u. XV. Nach *Heider*.

91 *Schiefferdecker*, Gewebelehre. Braunschweig 1891, pag. 76.

82 *Kurt Schmidt*, Über eigentümliche aus dem Flimmerepithel hervorgehende Gebilde. Arch. mikr. Anat., XX. Bd., 1882, pag. 123—126.

95 *Schuberg*, Exkretionsorgane von Distomum. Arb. a. d. zool. Institut Würzburg, X. Bd., 1895, pag. 182.

93 *van der Stricht*, De la signification des cellules épithéliales de l'épididyme de Lacerta vivipara. C. R. Soc. biol. [9], V. Bd., 1893.

67 *Alex. Stuart*, Über die Flimmerbewegung. Dissertat. Dorpat 1867.

42 *Valentin*, Artikel Flimmerbewegung. *Wagners* Handwörterbuch der Physiologie, Bd. I, 1842, pag. 500. cf. *Friedreich*.

91 *M. Verworn*, Studien zur Physiologie der Flimmerbewegung. 3 Holzschn. *Pflügers* Archiv d. ges. Physiol. 1891, 48. Bd., pag. 149—180.

88/89 *O. Zacharias*, Pseudopodien und Geißeln. Biolog. Centralbl., VIII. Bd., 1888/89.

94 *Zimmermann*. Verhandlg. Anat. Gesellsch. VIII. Vers. Straßburg 1894, pag. 244.

Zur Kenntnis des Teilungsvorgangs bei Euplotes patella *Ehrbg.*

Von A. Schuberg.

Mit drei Abbildungen.

Vor einigen Jahren habe ich einige kurze Mitteilungen über die Neuanlage des Peristoms bei der Teilung von Euplotes patella veröffentlicht [1]), die ich später zu vervollständigen beabsichtigte. Leider ist dies inzwischen nicht möglich gewesen; da ich jedoch nicht erwarten kann, in nächster Zeit zu einer weiteren Verfolgung des Gegenstandes die nötige Muße zu finden, sehe ich mich genötigt, meine Beobachtungen ohne die wünschenswerte Vollständigkeit zu veröffentlichen, und möchte ich nur wünschen, daß hierdurch vielleicht eine eingehendere Untersuchung angeregt werde.

Schon *Stein* berichtete von Euplotes charon [2]), daß man im ersten Stadium der Teilung «dicht hinter dem Peristom eine schiefe, dem Außenrande des Peristoms fast parallele, tiefe Spalte erblicke, welche die erste Anlage des neu zu bildenden Peristoms darstelle». Im zweiten Stadium sei «die frühere schiefe Spalte in die hintere Körperhälfte gerückt und habe sich in einen längeren und breiteren Längsausschnitt verwandelt, dessen Außenrand mit einer Reihe zarter Wimpern besetzt sei». Von Euplotes patella [3]), von welchem *Stein* nur ein Teilungsstadium untersuchen konnte, gab er an, daß sich «in der hinteren Körperhälfte links neben einer engen Längsspalte der Anfang zu einem neuen adoralen Wimperbogen zeigte». Später hat *Maupas* [4]) bei konjugierten Tieren eine mit einem Wimperapparat versehene Öffnung gesehen, die später wieder verschwinde

[1]) *A. Schuberg.* Über einige Organisationsverhältnisse der Infusorien des Wiederkäuermagens. In: Sitzungsber. d. Würzburger Physik.-medic. Gesellsch. 1891. pag. 136.

[2]) *F. Stein.* Der Organismus der Infusionstiere. I. Mitteilung. Leipzig 1859. pag. 138.

[3]) l. c. pag. 136.

[4]) *E. Maupas.* Sur la conjugaison des Infusoires ciliés. In: Compt. rend. Ac. Sc. Paris. T. 102. 1886.

und die er für eine Öffnung zum Austausch von Kernen hielt. In einer weiteren Mitteilung[1]) berichtigte er diese Angabe dahin, daß die Membranellen zum Ersatze der frontalen Membranellen dienen. Nachdem *Bütschli*[2]) im Anschluß an diese Beobachtungen von *Maupas* die Vermutung ausgesprochen hatte, daß die Öffnung nur die Anlage der neuen adoralen Zone darstelle, hat *Maupas* in seinem trefflichen ausführlichen Werke über die Konjugation der Infusorien eine genaue Darstellung der einschlägigen Verhältnisse gegeben, die nur leider durch etwas kleine und wenig klare Abbildungen erläutert werden. Mit Rücksicht hierauf, wie wegen der Merkwürdigkeit des Befundes, erscheint mir die vorliegende Veröffentlichung nicht überflüssig, obwohl sie teilweise nur eine Bestätigung der Resultate des ausgezeichneten französischen Forschers enthält.

Nach *Maupas*[3]) degeneriert bei konjugierten Tieren von Euplotes patella der «buccale» Teil der adoralen Membranellenzone. Gleichzeitig damit sieht man, ungefähr in der Mitte der Bauchseite jedes Gameten, eine das Tegument durchbohrende Öffnung sich einsenken. «Le pourtour de cet orifice apparait, tout d'abord, vaguement strié, à stries convergentes vers le centre. Cette nouvelle production représente, à l'état rudimentaire, l'ouverture de pénétration du pronucléus mâle; et les stries périphériques, les premiers rudiments d'une nouvelle zone adorale. Ces membranelles rudimentaires ne naissent pas à la surface externe du tégument, mais sur le plancher d'une fossette, qui se creuse a cet effect au-dessous de lui. Le tégument s'ouvre seulement par un mince orifice, au-dessus de cette petite chambre. Ce mode endogène de développement des membranelles adorales est constant chez l'Euplotes patella, aussi bien dans le cas actuel, que lors de la formation de la zone adorale du rejeton postérieur dans la division fissipare ordinaire.» Die erste Anlage der Membranellenzone ist, wie *Maupas* weiter ausführt, zuerst hufeisenförmig und streckt sich dann allmählich zu einem wenig gekrümmten Bogen aus. Die jungen Membranellen bleiben bis zur Trennung der Gameten von einer dünnen Platte des Teguments überlagert und die Höhlung, in welcher sie liegen, öffnet sich nur durch eine kleine, enge und lange

---

[1]) *E. Maupas.* Sur la conjugaison des Paramécies. Ibid. T. 103. 1886.

[2]) *O. Bütschli.* Protozoa. In: *Bronn's* Kl. u. Ordn. I. Bd. pag. 1611.

[3]) *E. Maupas.* Le rajeunissement karyogamique chez les Ciliés. In: Arch. Zool. exp. et gén. 2e sér. Vol. VII. 1889. pag. 349 ff.

Öffnung nach außen. Erst nach dem Auseinandergehen der Gameten wird die das Dach der Höhlung bildende Lamelle resorbiert und die Membranellenzone dadurch in ihrer ganzen Ausdehnung freigelegt [1]).

Wie ein Vergleich dieser ausführlichen Darstellung *Maupas*' mit meinen Figuren zeigen wird, stimmen unsere Beobachtungen im wesentlichen überein [2]).

Jedoch habe ich selbst nur Teilungsstadien untersucht, welche *Maupas* nur nebenbei behandelt, und auch von diesen keine ganz frühen Zustände vor mir gehabt.

Auf dem jüngeren von mir beobachteten Stadium (Fig. 1) ist das neue Peristom (p′) ungefähr in der Mitte des Tieres bereits angelegt. Es besteht aus einem Kanale, welcher etwas links hinter dem Ende des alten Peristoms (p) beginnt und so weit nach vorn verläuft, daß er mit seinem vordersten Teile noch dorsalwärts von der alten adoralen Zone sich erstreckt, bei Betrachtung von der Ventralseite her also von der alten Zone teilweise verdeckt wird. Seine Weite ist eine ziemlich gleichmäßige und nimmt nur am hinteren Teile, der ein klein wenig nach rechts zu gerichtet ist, etwas ab. Hier befindet sich auch die Öffnung des Kanals (ö); sie ist von spindelförmigem Umriß und von hinten rechts nach vorn links gerichtet. Durch die Öffnung hindurch sieht man die Anlage der adoralen Membranellenzone, welche sich durch den ganzen Kanal hindurch, auf dessen linker Seite, bis nach vorne erstreckt, in dessen vorderem, geschlossenem Teile aber natürlich nicht so deutlich wahrgenommen werden kann, wie an der Stelle der Öffnung. Auf diesem Stadium ist die Gesamtgestalt des

---

[1]) Obgleich ich Konjugationszustände selbst nicht untersucht habe, kann ich doch die Bemerkung nicht unterdrücken, daß mir ein Austausch der Micronucleusspindeln durch die Öffnungen der neuen Peristomanlagen nicht sehr wahrscheinlich vorkommt. Schon *Bütschli* (l. c. pag. 1611) hatte sich, nach den vorläufigen Mitteilungen von *Maupas*, hiergegen ausgesprochen und vor allem darauf aufmerksam gemacht, daß nach den Angaben *Engelmann's* (Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. II. 1862) «die Anlagen der neuen Zonen mitten auf den Bauchflächen auftreten, wo die Leiber der Tiere jedenfalls nicht vereinigt sind». Diese Einwände scheinen mir durch die ausführliche Arbeit von *Maupas* nicht widerlegt zu sein.

[2]) *Möbius*, welcher die Teilung von Euplotes harpa *St.* untersuchte, hat hier keine derartige Entwicklung des Peristoms beobachtet, wie sie bei E. patella und nach *Stein's* Angaben anscheinend auch bei E. charon vorkommt; doch ist wohl zu vermuten, daß jene Art sich ähnlich verhalten wird (*K. Möbius*, Bruchstücke einer Infusorienfauna der Kieler Bucht. In: Arch. f. Naturgesch. Jahrgang 1888. Bd. I).

Tieres noch durchaus normal, alle Cirren sind noch völlig vorhanden und Neuanlagen von solchen nicht wahrnehmbar.

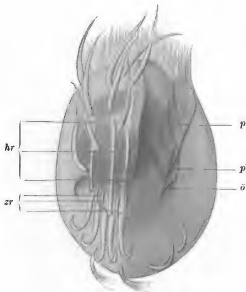


Fig. 1. Früheres Teilungsstadium; mit Osmiumdämpfen abgetötet und frisch in Wasser untersucht. (Vergr. Seibert Oc. O. Hom. Imm. 1/12. Zeichenapparat.) *hr* Hauptrippen; *zr* Zwischenrippen; *p* Peristom; *p'* neue Peristomanlage; *ö* Öffnung der neuen Peristomanlage; *r*, *r'* Anlagen von Randcirren.

In dem zweiten von mir beobachteten Stadium (Fig. 2 und 3) hat sich der Kanal, welcher die Anlage des neuen Peristoms (p') in sich birgt, sowohl nach vorn wie nach hinten weiter ausgedehnt und erscheint hinten mehr nach rechts herumgekrümmt, so daß er schon ungefähr den gleichen Verlauf zeigt wie die adorale Zone des ausgebildeten Tieres, wenn man von deren vorderem Stirnteil absieht; vorne ist der Kanal noch mehr als vorher dorsalwärts hineingewachsen, so daß hier ein noch größerer Teil, als vorher, von der alten adoralen Zone überlagert wird.

Die Öffnung des Kanals (ö) hat ungefähr ihre frühere Lage beibehalten; da sich aber nunmehr der Kanal weiter nach hinten erstreckt als früher, ist sie nicht mehr an dessen hinterem Ende ge-

legen, sondern ungefähr in dessen drittem Viertel (von vorn nach hinten gerechnet); gleichzeitig hat sich ihre hintere Spitze zu

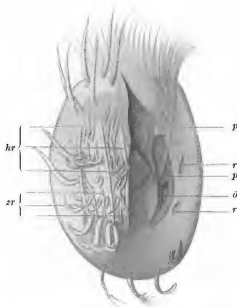


Fig. 2. Späteres Teilungsstadium. Präparation und Buchstabenerklärung wie bei Fig. 1.

einem etwas nach rechts gebogenen Schlitze ausgezogen. Auf diesem Stadium sind nun auch schon die meisten Cirren in der Neuanlage vorhanden, ohne daß jedoch die alten Cirren geschwunden wären. Meine Beobachtungen hierüber stimmen mit denen *Stein's* nicht ganz überein[1]; da mir indessen nur ein Stadium vorliegt, will ich mich auf dessen Schilderung beschränken und nur auf die wichtigsten Unterschiede hinweisen. Die auf dem «Stirnbauchfeld» *(Bütschli)*[2]) stehenden neuen Cirren, welche *Stein* als «Bauchcirren» bezeichnete (Fig. 3. b, β), werden, soviel ich sehe, nicht in je drei queren Reihen angelegt, wie *Stein* angegeben hatte, sondern in je drei, durch

[1]) Die Angaben von *Maupas* über die Neubildung der Cirren beziehen sich anscheinend nur auf konjugierte Tiere.

[2]) l. c. pag. 1752.

die drei Hauptrippen der Bauchseite (hr) gesonderten Gruppen. Hierbei verhalten sich die Anlagen für den vorderen und hinteren

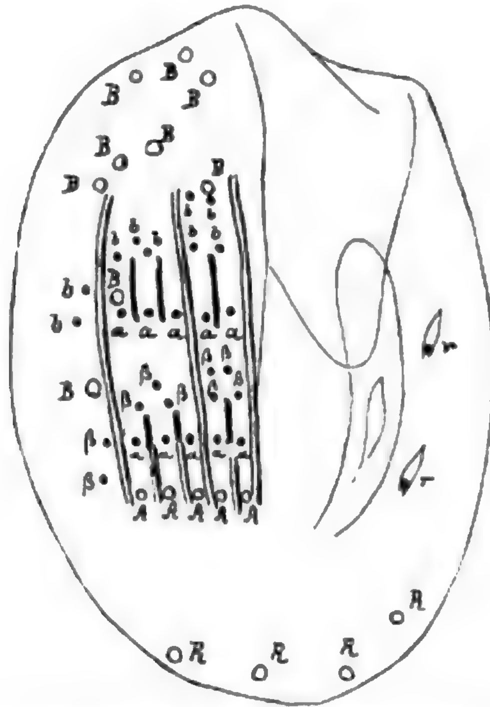


Fig. 3. Schema der Cirrenanordnung bei dem späteren Teilungsstadium.
B Bauchcirren, *A* Aftercirren, *R* Randcirren des alten Tieres.
b » , *a* » des vorderen Teilsprößlings.
β » , α » des hinteren Teilsprößlings.
r neu angelegte Randcirren (vgl. den Text).

Teilsprößling in gleicher Weise. Je zwei Cirren stehen nach rechts von der ersten (am weitesten rechts gelegenen) Hauptrippe[1]). Die zweite Gruppe befindet sich zwischen erster und zweiter Hauptrippe, unmittelbar vor dem vorderen Ende der hier verlaufenden zwei «Zwischenrippen» (zr), und besteht aus je drei Cirren. Die dritte Gruppe schließlich wird durch je vier Cirren gebildet, welche zwischen zweiter und dritter Hauptrippe stehen, unmittelbar vor der zwischen diesen hinziehenden Zwischenrippe. Die fünf Aftercirren (Fig. 3. a, α) entstehen, vorn wie hinten, je in der Einzahl am hinteren Ende der durch die Haupt- und Zwischenrippen gebildeten fünf Längsfurchen. Von den Randwimpern konnte ich nur Anlagen der auf der linken Seite gelegenen beobachten (r, r′). Links neben der Peristomanlage nämlich sind zwei nach vorn zugespitzte, nach hinten

[1]) In Figur 2 ist bei dieser Gruppe von Cirren für den vorderen Teilsprößling nur eine Cirre gezeichnet; es handelt sich jedoch zweifellos um eine Unvollständigkeit in der Beobachtung der sehr schwer festzustellenden Verhältnisse.

abgerundete, anscheinend abgeschlossene Hohlräume zu bemerken, in welchen man die Anlage von Wimpergebilden wahrnimmt. Ob diese beiden Anlagen, aus denen zweifellos linke Randwimpern hervorgehen, beide für den hinteren oder beide für den vorderen, oder aber teils für den vorderen, teils für den hinteren Teilsprößling bestimmt sind, vermag ich nicht anzugeben. Obwohl sie vom Hinterende des hinteren Teilsprößlings ziemlich weit entfernt sind, ist die Möglichkeit, daß sie diesem zugehören, von vornherein nicht abzuweisen, da nach den Beobachtungen von *Maupas* die bei konjugierten Tieren sich neubildenden Cirren und insbesondere auch die linken Randcirren ziemlich weit vorne entstehen und eine beträchtliche «Wanderung» an ihren definitiven Standort zurückzulegen haben. Nach *Maupas* scheinen übrigens alle Cirren von Euplotes, wenigstens bei der Konjugation, vertieft zu entstehen[1]. — Über die Entwicklung der rechten Randcirren habe ich nichts ermittelt.

Von den vor der Teilung bestandenen Cirren wurden in dem zweiten Teilungsstadium nur die linke Bauchcirre der dritten Reihe und die am weitesten links gelegene Aftercirre vermißt; das noch unveränderte Weiterbestehen aller andern alten Cirren dürfte wohl eher dafür sprechen, daß die alten Cirren abgeworfen, als daß sie resorbiert werden.

In mehrfacher Hinsicht verdient die schon an sich merkwürdige Neuanlage des Peristoms besondere Beachtung.

Zunächst geht aus ihr hervor, daß die Teilung von Euplotes keine einfache Querteilung sein kann, sondern mit ausgedehnten und komplizierten Wachstumsvorgängen verbunden sein muß. Denn da noch in dem zweiten von mir dargestellten Stadium die neue adorale Zone sich dorsalwärts über die alte Zone einsenkt, so folgt schon daraus, daß die Teilungsebene das mütterliche Tier von vorn-dorsalwärts nach hinten-ventralwärts durchschneiden muß, um überhaupt die eingesenkte neue Zone in ihrer ganzen Ausdehnung freizulegen. Wahrscheinlich kann man aber von einer Teilungsebene überhaupt nicht sprechen. Denn da auf dem geschilderten Stadium die vordersten Cirren des hinteren Teilsprößlings noch in der Höhe des alten Peristoms gelegen sind, so sind entschieden sehr komplizierte Durchschnürungs- und Wachstumsvorgänge nötig, um die beiden Teilhälften zu trennen und entsprechend zu ganzen Tieren zu vervollständigen. Es bestätigt sich daher auch hier, was ich

[1]) *Maupas*. Le rajeunissement karyogamique etc. pag. 351.

schon früher mehrfach betonte, daß die Durchschnürungsvorgänge bei der Teilung der Infusorien sehr kompliziert und weiteren Studiums dringend bedürftig sind.

Ferner aber zeigt auch dieser Fall wieder, daß die früher von *R. Hertwig*[1]) nach Beobachtungen bei Paramaecium aureliae aufgestellte These, daß bei der Teilung der Infusorien der Mund durch Teilung des alten Mundes sich verdoppele, nicht allgemein gültig sein kann. Hiergegen habe ich mich schon früher ausgesprochen[2]) und *Balbiani* hat sich dem angeschlossen[3]); aber auch *Hertwig* selbst hält seine Ansicht anscheinend nicht mehr so allgemein aufrecht, wie wenigstens aus der Darstellung dieses Gegenstandes in den neueren Auflagen seines Lehrbuches der Zoologie hervorzugehen scheint[4]).

---

[1]) *R. Hertwig.* Über die Conjugation der Infusorien. In: Abhandl. k. bayer. Akad. d. W. II. Cl. XVII. Bd. I. Abt. 1889. pag. 206.

[2]) *A. Schuberg.* Zur Kenntnis des Stentor coeruleus. In: Zool. Jahrb. Abt. f. Anat. IV. Bd. 1890. pag. 227.

[3]) *E. G. Balbiani.* Étude sur le Loxode. In: Annales de Microgr. T. II. 1890. pag. 430.

[4]) *R. Hertwig.* Lehrbuch der Zoologie. 4. Aufl. 1897. pag. 172.

Über Becquerel-Strahlen und das neue Metall Radium.

Von G. Quincke.

Vortrag, gehalten am 9. Dezember 1899.

Der Vortragende erläutert durch Versuche mit radiumhaltigem Baryumchlorid, das er der Güte der Herren *Elster* und *Geitel* verdankt, und Baryumkarbonat, das von der Chemischen Fabrik de Haën in Hannover bezogen war, die merkwürdigen Eigenschaften der von diesen Substanzen ausgesandten und von *Henry Becquerel* entdeckten Strahlen; Erregung von Fluorescenzlicht bei einem Schirm aus Baryumplatincyanür, Einwirkung auf photographische Platten, Entladung eines Elektroskops und Nebelbildung in einem Wasserdampfstrahl. Die Durchsichtigkeit gleich dicker Schichten verschiedener Substanzen für die Becquerel-Strahlen des radiumhaltigen Baryumchlorids ist je nach der Untersuchungsmethode verschieden, wie folgende Zusammenstellung zeigt, in welcher die Körper um so höher stehen, je durchsichtiger sie sich für Becquerel-Strahlen erwiesen.

Bei Fluorescenzlicht.			Bei photographischen Platten nach Versuchen von Dr. *Precht*.		
	Dicke			Dicke	
Mg	0,11	mm.	Mg	0,11	mm.
Ag	0,04	»	Al	0,10	»
Glimmer	0,11	»	Glimmer	0,11	»
Glas	0,17	»	Cu	0,08	»
Al	0,11	»	Fe	0,10	»
Fe	0,10	»	Ag	0,07	»
Cu	0,08	»	Su	0,11	»
Su	0,12	»	Pb	0,10	»
Au	0,05	»	Zn	0,13	»
Pt	0,06	»	Au	0,07	»
			Pt	0,05	»

Hieraus folgt, daß Becquerel-Strahlen verschiedener Qualität in verschiedener Weise von den einzelnen Substanzen absorbiert werden.

Eine Einwirkung starker Magnetfelder auf das von Becquerel-Strahlen erregte Phosphorescenzlicht oder auf die durch Becquerel-Strahlen hervorgerufene elektrische Leitfähigkeit der Luft, wie sie von den Herren *Stefan Meyer* und *von Schweidler* (Wien. Akad. Anz. XXIII. 9. 11. 1899) beobachtet worden ist, konnte der Vortragende bei den von ihm untersuchten radiumhaltigen Präparaten nicht wahrnehmen.

Die Becquerel-Strahlen stehen in ihren Eigenschaften zwischen den Strahlen von *Lenard* und *Röntgen*.

Bei den vom Vortragenden untersuchten Präparaten nahm die Wirkung der Becquerel-Strahlen während 5 Monaten mit der Zeit ab. Durch Aufschwemmen des radiumhaltigen Baryumkarbonates in Wasser und Eintrocknen in einem Uhrglas bei gelinder Wärme wurde die Wirkung der Becquerel-Strahlen auf ein geladenes Elektroskop sehr erheblich verstärkt, um dann im Verlauf einiger Stunden wieder etwas abzunehmen.



Untersuchungen über die Mikrostruktur künstlicher und natürlicher Kieselsäuregallerten (Tabaschir, Hydrophan, Opal).

Von **O. Bütschli**,
Professor der Zoologie zu Heidelberg.

Mit Tafel V—VII.

Einleitung.

Von Untersuchungen über die Gallerten organischer Verbindungen ausgehend, unterzog ich 1894 (p. 13, auch schon 1893, p. 12—13) und 1898 (p. 81—84 und p. 377—379) auch die eingetrocknete sog. amorphe, aus Wasserlösungen kolloidaler Kieselsäure abgeschiedene Kieselgallerte oder den Kieselsäuregel [1]) einer mikroskopischen Erforschung. Gleichzeitig wurde auch der sog. Tabaschir, ein natürlich vorkommender Kieselsäuregel, der sich in den Internodialhöhlen älterer Halme von Bambusa arundinacea findet, mikroskopisch untersucht, wenn auch nur soweit, als die Ermittelung der Übereinstimmung seiner Mikrostruktur mit den künstlich dargestellten Gel erforderte.

Durch diese Untersuchungen gelangte ich zur Überzeugung, daß auch diese Kieselgel eine sehr feinwabige Mikrostruktur besitzen, ähnlich derjenigen, die ich für eine Anzahl kolloidaler quellbarer organischer Körper (Gelatine, geronnenes Eiweiß, Gummi, Cellulose, Agar-Agar, Stärke) nachgewiesen hatte; d. h., daß die eingetrockneten Kieselsäuregel von einer Unzahl dichtest gedrängter feiner Hohlräumchen durchsetzt sind, die im trocknen Zustand Luft enthalten, dagegen beim Eintauchen in adhärierende Flüssig-

[1]) Die Bezeichnung «Gel» für den Gallertzustand kolloidaler Körper wurde von *Graham* (1864) eingeführt. Eine mit Wasser imbibierte Gallerte nennt er «Hydrogel» und spricht demgemäß bei Ersatz des Wassers durch andere Flüssigkeiten von Alkoholgel, Glycerogel (Glycerin), Sulfogel, (Schwefelsäure) u. s. f. Die kolloidalen Lösungen nennt *Graham* dagegen Sol, also entsprechend Hydrosol etc. *Van Bemmelen* hat in seinen Arbeiten diese Terminologie adoptiert und auch ich halte die Bezeichnung Gel wegen ihrer Kürze und geeigneten Ableitung für recht verwendbar.

keiten von diesen erfüllt werden, unter Verdrängung der Luft. Bei diesen Untersuchungen ergaben sich ferner noch gewisse eigentümliche Erscheinungen, auf die ich im weiteren Verlauf dieser Mitteilung näher eingehen werde. Da meine Untersuchungen der Kieselsäuregel mehr gelegentlich und zunächst nur zur Bestätigung und Erweiterung des über die Gallerten organischer Körper Ermittelten angestellt wurden, so unterließ ich es damals, die früheren Forschungen auf diesem Gebiet genauer zu erörtern. Durch die Güte des Herrn *J. M. van Bemmelen* erhielt ich kurz vor Beendigung des Drucks meines Werkes von 1898 seine Abhandlung über die Abhängigkeit des Wassergehaltes der Kieselsäuregel von dem Dampfdruck der umgebenden Atmosphäre und wurde dadurch zuerst veranlaßt, mich etwas eingehender mit den früheren Arbeiten auf diesem Gebiet zu beschäftigen. Ich ergriff jedoch schon 1898 (p. 378—79) die Gelegenheit, gegenüber gewissen Ansichten über die Natur des Kieselsäuregel, zu denen *van Bemmelen* auf Grund seiner Studien und Erwägungen geführt wurde, meine abweichenden Meinungen kurz hervorzuheben.

Schon 1887 hatte nämlich der Botaniker *F. Cohn* auf den sog. Tabaschir, der sich, wie vorhin bemerkt, wesentlich wie ein eingetrockneter Kieselsäuregel verhält, die *Nägeli*'sche Micellartheorie angewendet, die ursprünglich für quellbare kolloidale Körper aufgestellt war, in welcher *Nägeli* sogar das Fundamentalgeheimnis der Organisation des Lebendigen gefunden zu haben glaubte. Das Studium der *Cohn*'schen Arbeit über den Tabaschir war es wohl, welches auch *van Bemmelen* bewog, der Erklärung der von ihm bei der Entwässerung und Wiederwässerung der Kieselsäuregel beobachteten Erscheinungen die *Nägeli*'sche Micellartheorie zu Grunde zu legen. Da ich mich nun schon 1896 gegen die Anwendung dieser Theorie für die Erklärung der kolloidalen quellbaren organischen Körper ausgesprochen hatte, so konnte ich nicht unterlassen, mich auch gegen ihre Übertragung auf das anorganische Gebiet zu wenden; dies geschah bei Gelegenheit meiner Bemerkungen über die *van Bemmelen*'schen Ansichten (1898, p. 377—379). Dazu war ich um so mehr veranlaßt, als ich ja in dem Kieselgel auch eine Mikrostruktur aufgefunden hatte, welche die Aufnahmefähigkeit für Wasser und andere Flüssigkeiten hinreichend erklärt. In seinen späteren Mitteilungen hat sich denn auch *van Bemmelen* meinen Ansichten über die Mikrostruktur der Kieselsäuregel und der Gallerten überhaupt angeschlossen, auch im allgemeinen die Anschauung geteilt, welche ich 1896 und später 1898 über die Entstehung der

eigentümlichen Struktur der Gallerten, auf der Grundlage von Entmischungsvorgängen, entwickelt habe.

Gegen Ende des Jahres 1898 sandte mir *van Bemmelen* einige Probestückchen seiner eingetrockneten Kieselsäuregel Nr. 52, 91, 93 und 106, mit dem Ersuchen, sie einer mikroskopischen Betrachtung zu unterziehen. Dies veranlaßte mich, die Strukturfrage des Kieselsäuregel von neuem aufzunehmen. Da die, an den *van Bemmelen*'schen Gel angestellten Beobachtungen meine früher gewonnenen völlig bestätigten, so lag es nahe, auch die natürlich vorkommenden Kieselgallerten ein wenig zu vergleichen; doch überwand ich das Widerstreben gegen diesen Übergriff auf das mineralogische Gebiet erst durch die von mineralogischer Seite gegebene Anregung. Ich habe daher, im Anschluß an die künstlich hergestellten Kieselgel und den Tabaschir, schließlich noch Hydrophan, gewöhnlichen und edlen Opal studiert und auch bei ihnen im allgemeinen einen prinzipiell übereinstimmenden Bau gefunden.

Es dürfte daher angezeigt sein, diese Erfahrungen über die Mikrostruktur der Kieselgel soweit zu erläutern, als es zum Verständnis nötig scheint, und namentlich auch die Strukturverhältnisse durch einige mikrophotographische Bilder zu illustrieren.

I. Die Mikrostruktur der künstlich hergestellten Kieselsäuregallerten und des Tabaschirs.

Wir können in diesem Abschnitt den sog. Tabaschir und die künstlichen, eingetrockneten Kieselsäuregallerten zusammenfassen, die beide sich in allen wesentlichen Punkten gleich verhalten. Daß der Tabaschir eine nahezu reine Kieselsäure ist, haben die chemischen Untersuchungen von *A. Turner* (1828, dort auch über ältere Untersuchungen) und *Poleck* (1887) genügend erwiesen. Daß er wie die frische Kieselgallerte ursprünglich s e h r w a s s e r h a l t i g ist, geht aus *Poleck*'s Angaben hervor, nach welchen der von *Schuchardt* bezogene «rohe» (d. h. nicht geglühte) Tabaschir, im gepulverten Zustand bei gewöhnlicher Temperatur «bis zu konstantem Gewicht getrocknet», 61,9 % Wasser verlor. Da lufttrockener Tabaschir nach *Brewster* (1819) bei Tränkung mit Wasser 107—112% Wasser aufnimmt, ja nach *Turner* (1828) bis 132%[1]) und *Cohn* (1887, p. 392) 145%, so

[1]) In der deutschen Übersetzung von *Turner*'s Arbeit (*Schweigger*'s Journ. f. Chemie u. Physik) findet sich offenbar ein Irrtum, indem hier das Gewicht des wassergetränkten Tabaschirs für das des absorbierten Wassers angegeben wird, wonach der Tabaschir weit über 200% Wasser aufnähme.

hatten die von *Poleck* untersuchten Stücke jedenfalls nicht viel Wasser durch Verdunstung verloren, da sie bei Wiedertränkung 163% Wasser aufgenommen haben müßten, vorausgesetzt, daß alles verlorene Wasser wieder ersetzbar. Der rohe Tabaschir verliert beim Eintrocknen in gewöhnlicher Temperatur sein Wasser bis auf eine geringe Menge, von der ein Teil (nach *Poleck* 0,6%, nach *Turner* bis 2,411%) bei 100° austritt, während beim Glühen noch weitere 1—1,2% verloren gehen, die jedoch teilweise von organischer Substanz herrühren, deren stetes, wenn auch geringfügiges Vorhandensein schon *Turner* erkannte. An Stelle des verdunsteten Wassers tritt Luft; wird der Tabaschir hierauf in Wasser gebracht, so entweicht die aufgenommene Luft in zahlreichen kleinen Bläschen und es tritt wieder völlige Durchtränkung mit Wasser ein. Unter der Voraussetzung, daß das bei der Tränkung an Stelle der Luft aufgenommene Wasser nicht verdichtet sei, hat schon *Brewster* (1819) die von Wasser oder Luft erfüllbaren Räumchen bei zwei Tabaschirsorten auf das 2,307fache und 2,5656fache Volum der festen Tabaschirsubstanz berechnet, wonach 69%—72% des Volums des lufttrockenen Tabaschirs aus Hohlräumchen beständen. *Christiansen* (1884) fand in naher Übereinstimmung damit, daß bei dem von ihm untersuchten Tabaschir die Hohlräumchen 71% des Volums betrügen; *Cohn* (1887) berechnete, auf Grund der Bestimmung des Gesamtvolums eines seiner Stücke, sowie dessen Gewicht im trockenen und imbibierten Zustand (Bestimmungen von *Leonh. Weber*), das Volum der Hohlräumchen zu 74,3%[1]).

Eine direkte Bestimmung des Volums der aus dem lufttrockenen Tabaschir bei Tränkung mit Wasser austretenden Luft, wie sie *van Bemmelen* (1898) für künstliche Gel ausführte, scheint noch nicht vorgenommen worden zu sein. *Turner* (1828, p. 430) und *Cohn* (p. 383) erwähnen nur, daß das Volum der austretenden Luft «wenigstens ebensogroß, ja in den schöneren Stücken noch größer ist, als das des Körpers selbst» *(Turner)*.

Daß die künstlich hergestellten, eingetrockneten Kieselsäuregel sich in diesen Beziehungen ganz ebenso verhalten wie der Tabaschir, ist schon lange bekannt, wenn auch nicht viel beachtet worden. Schon

[1]) Nach *Brewster*'s Feststellungen berechnet sich das spezifische Gewicht der beiden von ihm untersuchten Tabaschire im lufttrockenen Zustand zu 0,622 und 0,675. Hierbei wurde jedoch das Volum des luftrockenen Tabaschirs nicht direkt bestimmt. Auf Grund direkter Bestimmung dieses Volums und des Gewichts eines der *Cohn*'schen Stücke fand dagegen *Leonh. Weber* (bei *Cohn*, p. 392) das spezifische Gewicht zu 0,5369; es war dies jedoch auch das Stück, das 145% Wasser imbibierte.

Ebelmen (1846) erhielt durch langsame Zersetzung von salzsäurehaltigem Kieselsäureäthylesther in feuchter Luft, oder durch Eingießen von Chlorsilicium in überschüssigem Alkohol und langsame Zersetzung der Flüssigkeit in feuchter Luft einen Kieselsäuregel, der an der Luft undurchsichtig oder halbdurchsichtig wurde, in Wasser jedoch wieder völlige Durchsichtigkeit erlangte. Wegen dieser Eigenschaft bezeichnete *Ebelmen* diesen Gel direkt als Hydrophan; von Luftaustritt ist dagegen bei ihm keine Rede. Es sei hier bemerkt, daß *Frankenheim* (1851, p. 467) die Kieselgel, Tabaschire und Opale durchweg als von feinsten Hohlräumchen durchsetzt beurteilte. Diese Hohlräumchen seien so klein, «daß die Masse ihre Durchsichtigkeit nicht verliere».

H. Kühn (1853) erhielt aus der Lösung seiner wasserlöslichen Kieselsäure, die durch längeres Kochen einer aus Alkalisilikat durch Salzsäure gefällten und gut ausgewaschenen Kieselsäure mit Wasser dargestellt war, beim Eintrocknen eine «opalartige Masse» von sehr geringem spezifischem Gewicht und großer Porosität. Er bemerkt darüber (p. 5): «In Wasser geworfen schwimmt es» (das Kieselsäurehydrat) «daher anfangs darauf. Bald aber saugt es sich voll damit, indem es zugleich ein krystallhelles Aussehen gewinnt und darin untersinkt. Größere Stücke zerspringen dabei gewöhnlich in mehrere kleinere.» Hier wird demnach zuerst der für lufttrockenen Tabaschir später von *Cohn* (p. 383) geschilderten Eigentümlichkeit gedacht, daß er beim Tränken mit Wasser in kleinere Stücke zersprengt werde. Ich habe diese Erscheinung dann an dem von mir 1893 dargestellten Gel ebenfalls gefunden (1894, p. 13; 1898, p. 82). Genaueres über dies Zerspringen der durch Säurefällung aus Alkalisilikat erhaltenen Kieselgel hat *van Bemmelen* (1898, II, p. 102) mitgeteilt. Er findet, daß das Zerspringen beim Einbringen in Wasser zuerst beginnt, wenn der Wassergehalt des eintrocknenden Gel auf ca. 54 % ($\pm$ 4 Moleküle H_2O auf 1 Mol. SiO_2) gesunken ist. In diesem Fall ist noch keine Luft in den Gel eingetreten, weshalb das Zerspringen auch ohne Luftaustritt geschieht und dabei nur 0,2—0,5 Mol. H_2O aufgenommen werden. Je stärker der Gel austrocknet, desto energischer wird das ursprünglich nur schwache Zerspringen.

Ich schloß (1894, p. 14; 1898, p. 83), daß das Zerspringen auf geringe Volumänderungen hinweise, im Gegensatz zu *Cohn*, der es bei dem Tabaschir auf die stürmische Luftentwicklung zurückzuführen suchte. *Van Bemmelen*'s Feststellung, daß die Erscheinung schon beginnt, bevor Lufterfüllung statthat, erweist, daß *Cohn*'s Ansicht

irrig war. Auch *van Bemmelen* führt das Zerspringen auf geringe Volumänderungen zurück, da bei der Aufnahme von 0,2—0,5 Molek. H_2O ohne Luftaustritt «eine Ausdehnung des Gewebes stattfinden müßte»; die Spaltungen und Sprengungen seien die Folge einer ungleichmäßigen Austrocknung, «wodurch Zugspannungen im Gewebe entstanden sind» (p. 103).

Die auffallendste und interessanteste Übereinstimmung zwischen Tabaschir und künstlichem Kieselgel zeigt sich jedoch im optischen Verhalten der mit Wasser imbibierten und daher glasig durchsichtig gewordenen Stücke bei dem darauf folgenden Austrocknen. Schon *Brewster* (1819, p. 418, 422, 426; 1828, p. 422) hat gefunden, daß die Stelle eines Tabaschirstückchens, auf welche man einen kleinen Tropfen Wasser bringt, nicht durchsichtig wird, sondern im Gegenteil «so weiß und undurchsichtig, als wenn sie mit Bleiweiß überstrichen wäre». Er zeigte ferner, daß dies Weißwerden bei Einsaugen einer geringen Menge jeder beliebigen Flüssigkeit eintritt. *Cohn* (1882, p. 398/99) bestätigte diese Erscheinung für beliebige Flüssigkeiten, welche den Tabaschir durchtränken. Es fällt auf, daß beide Forscher nicht auch die, auf der gleichen Ursache beruhende und sehr leicht wahrzunehmende Erscheinung beobachteten, daß mit Wasser durchtränkter, durchsichtiger Tabaschir auf einem gewissen Punkt des Eintrocknens plötzlich kreideweiß und undurchsichtig wird, um dann bei fortgesetztem Wasserverlust wieder viel durchsichtiger zu werden, je nach dem Grad seiner Durchsichtigkeit in lufttrockenem Zustand.

Diese seltsame Erscheinung findet sich nun ebenso bei den künstlichen Kieselgel; hier hat sie, soweit ich finde, *Maschke* (1854 und später 1872) zuerst beobachtet. Was er 1854 (p. 439—40) darüber berichtet, läßt zwar nur vermuten, daß er die Erscheinung damals schon bemerkte. 1872 (p. 108) dagegen beschreibt er sie sehr gut und giebt auch schon eine im allgemeinen zutreffende Erklärung. Ich schalte hier seine eigenen Worte ein. «Befeuchtet man sie» (d. h. lufttrockene Kieselgallerte) «mit Wasser und läßt dasselbe abdunsten, so erscheint ein Stadium, wo die Kieselsäure porzellanartig weiß aussieht; bei weiterem Abdunsten tritt jedoch das frühere Aussehen wieder vollständig ein. Dieselbe Eigenschaft zeigt auch die geglühte Kieselsäure. Beobachtet man das Weißwerden der Lamellen unter dem Mikroskop, so sieht man, daß dieser Prozeß gleichsam ruckweise vor sich geht, und es treten plötzlich inselartig rauchfarbene Flecken mit fein verästelten Rändern auf, diese mehren sich, werden dunkler und gehen schließlich in einander über. Das Klarwerden solcher porzellanartiger

Stücke erfolgt dagegen nicht ruckweise; es werden alle Stufen von Undurchsichtigkeit durch dunkle und helle Rauchfärbung bis zur Durchsichtigkeit allmählich durchschritten. Offenbar ist Porosität der Grund dieser Erscheinung. Sind die Poren durch Abdunsten des Wassers nur zum Teil gefüllt, so müssen ähnliche optische Erscheinungen wie bei jeder Schaumbildung eintreten. Dieselbe Wirkung wie Wasser übt auch jeder andere flüchtige flüssige Körper aus, z. B. Alkohol, Äther, Benzin.»

Interessant ist, daß sich *Maschke* auch bemühte, den Wassergehalt des Kieselgels festzustellen, bei welchem das Weißwerden eintritt. Er fand, daß der eben weißwerdende Gel 36 % Wasser verliert beim Übergang in die durchsichtige lufttrockene Form; da letztere jedoch nach ihm noch ca. 13,07 % Wasser enthält, so ergiebt sich, daß das Weißwerden bei einem Gesamtwassergehalt von etwa 44 % eintritt.

Ich habe an dem 1893 dargestellten Gel das Weißwerden beim Austrocknen sehr feiner Lamellen unter dem Mikroskop verfolgt, ohne Kenntnis der früheren Beobachtungen an Tabaschir und Kieselgel (1894, p. 13–15; 1898, p. 82 und p. 377ff.). Dabei wurde erkannt, daß beim Weißwerden plötzlich eine sehr schöne und deutliche feinwabige Mikrostruktur hervortritt, welche bei weiterem Austrocknen rasch blässer wird und bald ganz verschwindet. 1898 (p. 377) gab ich dann auch nachträglich eine Erklärung der Erscheinung, auf die ich unten genauer eingehen werde und die, wie ich später fand, in einem wesentlichen Punkt mit der von *Brewster* schon 1819 für die gleiche Erscheinung des Tabaschir aufgestellten, aber auch mit der von *Maschke* gegebenen übereinstimmt.

Mittlerweile hatte *van Bemmelen* bei seinen eingehenden Untersuchungen über den Wassergehalt der Kieselgel dieselbe Erscheinung beobachtet, welche er als «Umschlag» bezeichnete, ein vielleicht nicht ungeeigneter kurzer Ausdruck für diesen und entsprechende Vorgänge. Der Umschlag tritt nach *van Bemmelen* bei etwas verschiedenem Wassergehalt der Gel ein, abhängig von der Bereitungsweise, der Schnelligkeit der Entwässerung, dem Alter etc. der Gel. Dieser Wassergehalt schwankte zwischen 31 %–47 % (1,5–3 Molek. H_2O auf 1 Mol. SiO_2), was mit der älteren Bestimmung *Maschke*'s (44 %) gut übereinstimmt. Auf die Erklärung und Deutung, welche *van Bemmelen* für die Umschlagserscheinung giebt, können wir erst später genauer eingehen. Aus den Bestimmungen *van Bemmelen*'s geht hervor, daß die bei 15° lufttrockenen Gel bei der Wiederwässerung wieder soviel Wasser imbibieren, als sie beim Eintritt des Umschlags enthielten;

d. h. also, daß sie, imbibiert, im Durchschnitt 2,05 Mol. H_2O auf 1 Mol. SiO_2 enthalten. Da sie im lufttrockenen Zustand im Durchschnitt noch 0,22 Mol. H_2O besitzen, so folgt hieraus, daß sie bei der Wiederwässerung durchschnittlich 57,5 % H_2O aufnehmen. Dies ist demnach viel weniger als bei dem lufttrockenen Tabaschir, der bis 145 % seines Gewichts Wasser aufnimmt (s. oben 289). Hieraus ergiebt sich ferner, daß auch das Volum der Hohlräumchen in den Gel bedeutend geringer sein muß als bei dem Tabaschir. *Van Bemmelen* berechnet das Volumen der Hohlräumchen auf 1 Vol. der festen Gelsubstanz für drei seiner lufttrockenen Gel auf 0,71, 0,94 und 1,25, im Durchschnitt daher 0,97. Hieraus würde folgen, daß in 1 Vol. des lufttrockenen Gel durchschnittlich 49,2 % Hohlräumchen vorhanden sind; während sich, wie wir sahen, für den Tabaschir dies Volum bis auf 74 % berechnet (s. oben, p. 290).

Schon 1894 (p. 13) wies ich darauf hin, daß die Erscheinung des Umschlags, während dessen eine feinwabige Mikrostruktur in dem Gel deutlich hervortritt, von großem Interesse ist für unser Urteil über die Sichtbarkeit feiner derartiger Strukturen und für die Möglichkeit, daß solche Bauverhältnisse auch da zu existieren vermögen, wo sie das Mikroskop nicht mehr erkennen läßt. Der von mir 1893 dargestellte Gel zeigt im lufttrockenen Zustand keine Spur einer Mikrostruktur; er war und ist so durchsichtig und anscheinend homogen wie Glas. Ebensowenig vermochten auch *Cohn* und die früheren Beobachter im Tabaschir eine Struktur aufzufinden. Von den mit Luft gefüllten Porenräumen, die nach *Cohn* ca. 3/4 des Volums des Tabaschirs betragen, ist nach ihm «auch bei den stärksten Vergrößerungen absolut nichts zu sehen» (p. 393). «Im Tabaschir» (sagt er p. 393) «sind nicht bloß die Moleküle der Kieselsäure für das Mikroskop unsichtbar, sondern auch die Zwischenräume, obwohl dreimal größer als diese Moleküle, liegen noch unter der Grenze mikroskopischer Sichtbarkeit.»

Wir werden finden, daß sich die Angelegenheit keineswegs so verhält, wie *Cohn* meint; sondern daß, im Einklang mit dem ansehnlichen Gesamtvolum der Hohlräume, auch die Größe der Poren- oder Wabenräume des Tabaschirs relativ erheblich ist.

Nur in den «kreideartigen und erdigen Stücken des Tabaschir» vermochte *Cohn* Hohlräumchen aufzufinden. Er sagt hierüber (p. 394): «Unter dem Mikroskop erkennt man in den kreideartigen Splittern, die in Terpentinöl gelegt werden, dicht gedrängt die kleinen unregelmäßigen lufthaltigen Lakunen, welche die Masse schwammartig durchsetzen und erst ganz

allmählich mit Terpentinöl sich füllen». In Rücksicht auf diese Angabe bemerke ich, daß die Tabaschirstückchen, die mir vorliegen, und die s. Z. Prof. *V. Goldschmidt* in Indien erwarb, jedenfalls nicht zu dem kreideartig-erdigen Tabaschir gehören, der sich nach *Cohn* dadurch auszeichnen soll, daß Flüssigkeiten nur sehr schwer die Luft seiner Kapillarräume verdrängen, weshalb er in Wasser, Öl etc. opak, weiß bleibt. Die von mir untersuchten Tabaschirstückchen zeigten im Gegenteil in Wasser und anderen geeigneten Flüssigkeiten die bekannte Erscheinung, daß alle Luft rasch ausgetrieben wurde, wobei die dünneren Stücke ganz, die dickeren halbdurchsichtig wurden, wie *Cohn* es für den milchglasartigen Tabaschir beschreibt, wie denn auch die lufttrockenen Stücke große Ähnlichkeit gerade mit Milchglas haben. Im durchfallenden Licht erscheinen die wassergetränkten Stücke je nach ihrer Dicke gelblich bis gelbbräunlich, im auffallenden dagegen an den dünneren Kanten schwach bläulich. Jedenfalls waren jedoch die von mir untersuchten Stücke calciniertes Tabaschir, d. h. solches, das «einige Zeit» der Rotglut ausgesetzt war (s. *Brewster* 1828, p. 415); dies folgt sicher daraus, daß die Stücke sich beim Glühen nicht oder doch nur minimal schwärzen, wogegen der rohe Tabaschir sich stark schwärzt, wegen seines Gehaltes an organischer Substanz. Nach den später mitzuteilenden Erfahrungen an den Kieselgel ist es nun keineswegs ausgeschlossen, ja eher wahrscheinlich, daß durch Glühen auch in dem anscheinend ganz strukturlosen Tabaschir die Struktur deutlich gemacht wird. Es ist daher nicht unmöglich, daß die relative Deutlichkeit der Mikrostruktur in den von mir untersuchten Stücken daher rührt. Auch möchte ich nicht bezweifeln, daß der rohe Tabaschir bei gewöhnlicher mikroskopischer Untersuchung völlig strukturlos erscheinen kann, wie ihn *Cohn* schilderte. Da nämlich die so ähnlichen Kieselgel unter diesen Bedingungen nichts oder fast nichts von Struktur zeigen, so ist dies auch für den Tabaschir sehr wahrscheinlich.

Van Bemmelen vermochte an den von ihm dargestellten Gel keine Hohlräumchenstruktur mikroskopisch nachzuweisen; doch wäre dies auch bei der verwendeten geringen Vergrößerung (bis 300) schwerlich möglich gewesen.

Die Untersuchung der mir von *van Bemmelen* gesandten lufttrockenen Gel Nr. 52, 91 u. 93 ergab nun völlige Übereinstimmung mit den Befunden, welche ich an dem von mir dargestellten Gel erzielte. Diese drei *van Bemmelen*'schen Gel sind sehr glasartig durchsichtig, wenngleich immerhin ein wenig opalescierend, jedoch durch-

sichtiger als der von mir 1893 dargestellte. Beim Erhitzen auf dem Porzellandeckel bräunen sich alle 4 Gel ziemlich intensiv, am stärksten der von 1893 und Nr. 52 *van Bemmelen*'s. Auch *v. B.* hat dies bei seinen Gel schon allgemein beobachtet (1896, p. 296). Sie verhalten sich demnach interessanter Weise auch in dieser Hinsicht ähnlich wie der rohe Tabaschir. Da die Bräunung bei anhaltendem Glühen bald wieder völlig verschwindet, worauf die Gel noch viel durchsichtiger und klarer erscheinen als früher (der *van Bemmelen*'schen Nr. 52 speziell in einzelnen Stückchen wie völlig klares durchsichtiges Glas), so muß die Bräunung wie beim Tabaschir von Spuren organischer Substanz herrühren. Bei dem im Innern der Pflanze sich bildenden Tabaschir ist der Gehalt an organischer Substanz begreiflich; auch hat *Cohn* gezeigt, daß die Tabaschirsubstanz vielfach Zellfragmente des Bambus, Pilzmycelien und Bakterien enthält. Für die künstlich dargestellten Gel ist dieser stete Gehalt an organischer Substanz dagegen etwas auffallend. Ich vermute, daß er in der Hauptsache auf Bakterienentwickelung beruht, die in dem noch gallertigen wasserreichen Gel leicht eintreten wird. Nach *W. Kühne*'s Untersuchungen (1890) ist die Kieselgallerte ja ein sehr geeigneter Boden für die Bakterienentwickelung. Der von mir dargestellte Gel war aus einer dialysierten Kieselsäurelösung durch langsames Gelatinieren und Eintrocknen erhalten; die *van Bemmelen*'schen dagegen durch Koagulation von Alkalisilikat mit Salzsäure, langes Auswaschen mit Wasser, worauf sie in der Regel «einige Tage auf dem Koliertuch sich selbst überlassen wurden» (s. 1896, p. 239 und 1898 II, p. 101 Anm.). Hierbei hatten nun die sehr wasserreichen Gel (sie enthalten anfänglich 90—120 Mol. H_2O auf 1 Mol. SiO_2) jedenfalls Gelegenheit zur Bakterienentwicklung.

van Bemmelen meint (1896, p. 296), daß die organische Substanz bei der Absorption der Luft in die eintrocknenden Gel in Form «feiner organischer Stäubchen» gelange. Er fand, daß der kurz und sanft geglühte Gel nach der Wiederwässerung u. s. w. und nach dem zweiten Glühen «die Erscheinung (d. h. die Bräunung) aufs neue, doch schwächer zeigte». «Nach wiederholter Wiederwässerung und Glühen wurde die Erscheinung noch schwächer und blieb aus, als das Absorptionsvermögen durch das Glühen aufgehoben war.» Auch die schon von *Brewster* gefundene Thatsache, daß in Papier eingewickelter Tabaschir beim Verbrennen desselben durch und durch schwarz wird, glaubt *van Bemmelen* auf die Absorption der «Theergase und der schwebenden Kohlenteilchen» zurückführen zu dürfen. Wie bemerkt, halte ich es für wahrscheinlicher, daß die Bräunung auf Bakterienentwicke-

lung beruht. Wenn man ein Stückchen Tabaschir so in den oberen Teil der Flamme einer Stearinkerze hält, daß es völlig berußt wird, so zeigt sich auf den Bruchflächen des Stückchens, daß keine Spur der Kohlenteilchen in das Innere des Tabaschirs gedrungen ist, dieselben sind so rein weiß wie ursprünglich. Hieraus muß ich schließen, daß das Schwarzwerden bei dem Verbrennen in Papier nur auf den Gasen beruht, die ins Innere eindringen, wie dies auch *Cohn* (p. 386) schon angenommen hat. Ich habe ferner ein Stückchen Tabaschir, das zuvor schwach geglüht war, in das Ende eines dicken Kautschukschlauchs fest eingebunden und darauf 6 h. lang an der Wasserluftpumpe Luft durchgesaugt. Bei darauffolgendem Glühen zeigte sich nur ein Minimum von Grauwerden auf den Bruchflächen, also im Innern. Auch hieraus muß ich schließen, daß erhebliche Mengen von Staub nicht einzudringen vermögen.

Auch die natürlichen Kieselgallerten des Mineralreichs enthalten häufig etwas organische Substanz; der von mir später zu besprechende Halbopal von Telkebánya (Ungarn) wird bei schwachem Glühen tiefgrau, mit schwarzen Bändern; auch der Hydrophan (Czernewitza) wird nach *Reusch* beim Erhitzen pechschwarz unter Verbreitung starken Bitumengeruchs (1856, p. 433)[1]). Es wäre wohl möglich, daß auch bei diesen natürlichen Kieselgallerten der Gehalt an organischer Substanz wesentlich von Bakterien herrührt.

Untersucht man sehr feine Splitter der drei erwähnten *van Bemmelen*'schen Gel mit den stärksten Vergrößerungen (Zeiss. 2 mm, Ok. 18) in Luft, Wasser oder Kanadabalsam, so sieht man ebensowenig als bei meinem Gel von 1893 etwas von Struktur; sie erscheinen, abgesehen von spurenweisen Verunreinigungen, homogen glasig. Nur dünnste Splitter des Gel 52 zeigten hie und da zweifellose Andeutungen einer feinwabigen Hohlräumchenstruktur bei Untersuchung in feuchter Luft, die dadurch hergestellt war, daß gleichzeitig unter das Deckglas einige minutiöse Wassertröpfchen gegeben wurden; zuweilen war die Struktur ganz gut ausgeprägt.

---

[1]) Daß die Opale z. T. etwas organische Substanz enthalten, bemerkt schon *Rammelsberg* (p. 64) und *Behrens* bestätigt dies für eine Anzahl der von ihm untersuchten zahlreichen Varietäten (p. 533). Bei dem von mir untersuchten Halbopal widerstand die graue bis schwarze Färbung, welche schon bei leichtem Erhitzen auftritt, dem anhaltenden Glühen auf dem Platindeckel ungemein. Nach stundenlangem Glühen hatte sie sich dennoch erheblich vermindert; es waren jetzt hie und da rotbraune Flecken vorhanden. Durch Erhitzen mit konzentrierter Salzsäure ließ sie sich gleichfalls nicht entfernen.

Feine, zur Untersuchung mit stärksten Vergrößerungen geeignete Splitter erhielt ich hier und bei den weiter zu schildernden Substanzen stets so, daß kleine Fragmente vorsichtig zwischen zwei Objektträgern gepreßt wurden, bis sie in feinste Bruchstücke zerfallen waren. Die getrockneten Gel sind ja sehr brüchig und zerspringen auf die angegebene Weise in z. T. äußerst dünne Fragmente, nicht selten mit ganz glatten, ebenen Flächen, die zwar hier und da gröbere rinnenartige, kantige Vertiefungen besitzen, aber keine Reliefzeichnung der Oberfläche, welche zu Täuschungen hinsichtlich der feineren Struktur führen könnte. Wegen des energischen Zerspringens der Gel unter Druck muß man sehr vorsichtig pressen, da die feinen Splitter sonst gewöhnlich weit fortgeschleudert werden. Unter Umständen empfiehlt es sich daher, die Fragmente in einem Wassertröpfchen zu zerpressen, wo dieser Übelstand wegfällt, und hierauf auszutrocknen. Ich halte diese Methode der Untersuchung feiner Splitter bei so gut und glatt zerspringenden Körpern für geeigneter als das Studium feiner Schliffe, ganz abgesehen von deren zeitraubender Herstellung. Schliffe lassen sich nie in solcher Feinheit erhalten, wie sie viele dieser lammellösen Splitter zeigen, die bis 1 μ Dicke herabgehen. Auch ist es wenigstens mir nicht gelungen, die Schliffflächen so zu polieren, daß die für die Beurteilung feiner Mikrostrukturen äußerst gefährlichen Ritzer der Flächen vollkommen verschwinden.

Zunächst zeigen nun die Splitter der *van Bemmelen*'schen Gel beim Austrocknen aus dem mit Wasser imbibierten Zustand genau die gleiche Erscheinung, welche ich 1894 und 1898 von meinem Gel schilderte und die ebenso beim Tabaschir auftritt: daß nämlich in einem gewissen Moment des Austrocknens durch das ganze Fragment eine sehr scharf gezeichnete feine Wabenstruktur auftritt, die bei weiterem Verdunsten rasch immer blässer wird und schließlich ganz verschwindet. Schon mit Obj. 8 (Z) Ok. 18 kann man diese Struktur gut erkennen. Man hauche einige Fragmente an, die auf dem Objektträger liegen, so daß sie sich mit feinen Wassertröpfchen beschlagen und imbibieren; verfolgt man hierauf das Austrocknen unter dem Mikroskop, so sieht man, einige Sekunden nach dem Schwinden der letzten Spuren äußeren Wassers, in dem Splitter plötzlich die Struktur hervortreten und ein Maximum der Deutlichkeit erreichen, wobei das Fragment im durchfallenden Licht braun wird (dies ist der Augenblick, wo das Stück im auffallenden Licht weiß erscheint). Dann wird die Struktur rasch blässer und verschwindet schließlich ganz. Ich habe diese Erscheinung 1898 (p. 378) folgendermaßen erklärt. Die Wände, welche die Hohlräumchen trennen,

sind so dünn, daß sie mikroskopisch nicht wahrgenommen werden können, obgleich sie ein erhebliches Brechungsvermögen besitzen. Für Tabaschir ermittelte es schon *Brewster* zu 1,500, was auch durch die Untersuchungen von *Christiansen* (1884) bestätigt wurde; letzterer findet den Brechungskoefficient der gleichfalls hierhergehörigen Hydrophansubstanz für D = 1,4647 und *Stscheglayew* (1898) 1,4564 und 1,4584 für weißes Licht und 2 verschiedene Hydrophane. Hieraus dürfen wir entnehmen, daß auch die Gerüstsubstanz der Gel einen ähnlichen Brechungskoefficienten besitzt. Beim Austrocknen solch' feinwabig strukturierter Körper wie die Gel und der Tabaschir entsteht nun, wie ich an ähnlich gebauten Gerinnungsschäumen zeigte, in jedem Hohlräumchen ein Gas- oder Luftbläschen. Im vorliegenden Fall handelt es sich sicher um eingedrungene Luft. Der Rest des noch vorhandenen Wassers bedeckt demnach die Wände der Hohlräumchen, welche also durch das, gegenüber Luft immerhin stark brechende Wasser gewissermaßen verdickt und deshalb sichtbar werden. Sie sind dann so lange zu sehen, bis die sie bedeckenden Wasserschichten so dünn geworden sind, daß die Gesamtdicke von Kieselwand und Wasserschichten nicht mehr zur Sichtbarkeit ausreicht. Man kann die Erscheinung ja auch so auffassen, daß die auftretenden Luftbläschen in der Gerüst- und Wassersubstanz wie eine feine Emulsion sichtbar werden und daß dies Strukturbild der Emulsion so lange sichtbar bleibt, als die Zwischenmasse zwischen den Emulsionsbläschen noch so dick ist, daß sie unter dem Mikroskop wahrgenommen werden kann. Wie ich schon oben bemerkte, gab schon *Brewster* (1898) eine im Prinzip übereinstimmende Erklärung für das vorübergehende Weißwerden des Tabaschirs beim Austrocknen.

So schön und deutlich nun auch das beim Austrocknen aus Wasser hervortretende Strukturbild ist, so wenig ist es geeignet für die genauere Untersuchung und für die Fixierung mittels Photographie, da es sich ja nur wenige Momente erhält.

Wie oben angegeben, hat nun schon *Brewster* (1819) beobachtet, daß ein Stückchen Tabaschir, welches man stellenweis mit einem kleinen Tröpfchen von Wasser oder anderer Flüssigkeit imbibiert, an diesen Stellen weiß wird. Die Erscheinung beruht natürlich auf den gleichen Bedingungen wie das vorhin, beim Austrocknen geschilderte Weißwerden. Dies Verfahren schien mir nun wohl verwendbar, um die Struktur dauernd oder doch auf längere Zeit sichtbar zu machen, da bei Anwendung von nicht verdunstendem Öl die Struktur dauernd sichtbar bleiben muß. Versuche mit den drei *van Bemmelen*'schen Gel

ergaben auch sofort positive Resultate. Kleine Fragmente der Gel wurden an einer Stelle mit Spuren von Olivenöl befeuchtet und darauf einige Stunden stehen gelassen. Die angefeuchtete Stelle erschien deutlich weißer als die Umgebung. Wurden die Fragmente dann in feine Splitter zertrümmert und diese in Luft mit den stärksten Vergrößerungen untersucht, so zeigten eine Menge Splitter die Struktur dauernd auf das Schönste. Die Photographien Tafel V, Fig. 1 (1970) und 5 (2900) zeigen dies sehr klar und gleichzeitig, daß die Struktur gar nicht zu den allerfeinsten gehört.

Bei dem von mir dargestellten Gel (1893) gelang es jedoch auch auf diese Weise nicht, die Struktur bleibend sichtbar zu machen, wogegen sie bei dem Tabaschir sehr schön hervortrat, wie die Photographien der feinen Splitter Tafel V, Fig. 2 (1970) und besonders Fig. 7 (1730) vortrefflich zeigen. Bei weiterer Überlegung schien mir ein modificiertes Verfahren geeigneter, nämlich die Stückchen mit einer Lösung von Öl in Chloroform total zu imbibieren und hierauf aus den sauber abgeputzten Stückchen das Chloroform abdunsten zu lassen. Derartige Versuche mit Tabaschir, sowie dem *van Bemmelen*'schen Gel und einem Gemisch von 2 T. Chloroform und 1 T. Cedernholzöl ergaben ganz vorzügliche Resultate. Beim Verdunsten der imbibierten, natürlich ganz glasig durchsichtigen Stückchen sieht man plötzlich an einer oder mehreren Stellen Undurchsichtigkeit eintreten, und von hier aus, unter Bildung fein dendritischer Figuren, diese undurchsichtigen Stellen durch die Stücke hindurchwachsen, bis letztere schließlich in ganzer Ausdehnung undurchsichtig und weiß geworden sind. Dabei fällt sehr auf, daß die ersten undurchsichtig werdenden Stellen keineswegs an der Oberfläche auftreten, sondern im Innern der Stücke. Diese Erscheinung erinnert ganz an die von mir 1896 (p. 6 und 7) an Würfeln 20°/oiger Gelatine beobachteten, welche nach Härtung in Alkohol im Vacuum ausgetrocknet wurden. Auch hier trat das Weißwerden, d. h. die Lufterfüllung, zuerst tief im Innern auf und wuchs von da gegen die äußere Oberfläche. Ich werde später versuchen, eine Erklärung dieser anscheinend seltsamen Erscheinung zu geben. Der auf solche Weise ganz kreideweiß undurchsichtig gewordene Tabaschir oder Gel zeigt natürlich in feinsten Splittern die Struktur ganz vorzüglich, wie Photographie 4 Tafel V (1970) von Tabaschir lehrt.

Dagegen wollte es auch mit dem Gemisch von 2 Teilen Chlorof. und 1 Teil Öl nicht gelingen, die Struktur meines Gels von 1893 zur Ansicht zu bringen; er wurde damit nicht weiß und undurchsichtig. Ich kam schließlich zu der Vermutung, daß die Wände der Hohl-

räume hier, relativ zu den Hohlräumchen, noch dünner sein müßten und daher das zurückbleibende Öl nicht ausreiche, sie genügend zu verstärken. Es wurden daher Versuche mit ölreicheren Mischungen angestellt und schließlich auch mit einem Gemisch von 1 Teil Chloroform und $^5/_4$ Teilen Cedernholzöl das gewünschte Resultat erzielt. Jetzt wurden die abgedunsteten Stückchen des Gels ganz weiß und feine Splitter zeigten die Struktur vortrefflich, was die Photographie Fig. 3 Tf. V (1970) beweist.

Wenn die mit Öl teilweise imbibierten, kreideweißen Gelstücke längere Zeit an der Luft liegen, so werden sie allmählich wieder etwas durchsichtiger, d. h. etwa durchscheinend hornartig. Dies beruht zweifellos darauf, daß auch das Öl allmählich eintrocknet und daher die Gerüstwände dünner werden. Bringt man derartige Stückchen in Wasser, so dringt dasselbe genau so ein, unter Austreiben der Luft, wie in die nicht mit Öl imprägnierten Gelstückchen.

Indem wir zu einer kurzen Betrachtung der auf diese Weise bei den Gel und dem Tabaschir sichtbar werdenden Struktur übergehen, ist, wie schon angegeben, zu betonen, daß der von mir untersuchte Tabaschir die Struktur auch schon ohne jede weitere Behandlung bei Untersuchung von Dünnschliffen oder feinen Splittern in Luft und Wasser zeigt. In Luft ist die Struktur recht gut sichtbar, in Wasser wird sie dagegen sehr blaß, so daß sie, ohne vorhergehende Erfahrungen an den lufthaltigen Fragmenten, leicht übersehen werden kann.

Bei Untersuchung der Tabaschirsplitter in flüssigem Kanadabalsam oder ähnlichen flüssigen starkbrechenden Medien schwindet dagegen die Struktur völlig, da nun die Brechungs- und Reflektionserscheinungen, welche die Sichtbarkeit der Struktur bedingen, auf ein Minimum herabgesetzt werden. Recht instruktive Präparate erhält man dagegen bei Einbettung der feinen Splitter in geschmolzenen, rasch erstarrenden Kanadabalsam. Unter diesen Umständen werden nur die äußeren Partien der Splitter von Kanadabalsam durchdrungen, während ein größerer oder geringerer Anteil des Innern lufthaltig und daher relativ sehr dunkel und undurchsichtig bleibt. Auf der Grenze dieser lufthaltigen gegen die durchsichtige und anscheinend ganz strukturlose äußere Region bemerkt man nun sehr häufig einzelne, ganz isolierte, noch lufthaltige Hohlräumchen oder auch Gruppen solcher. Endlich trifft man zuweilen auch Fragmente, in denen sich Gruppen lufthaltiger Hohlräumchen in Form von dendritisch verzweigten Ausläufern, die von der centralen, nicht durch-

drungenen Partie ausstrahlen, erhalten haben. Es sind dies ganz ähnliche Bilder, wie sie auf umgekehrtem Wege bei der Austrocknung der mit Chloroformöl imbibierten Stücke gelegentlich beobachtet wurden. Im allgemeinen entsprachen diese Erscheinungen bei der Einbettung des Tabaschir in geschmolzenem Kanadabalsam völlig denen, welche ich 1898 für Stärkekörner, Cellulosefasern, Knorpelgrundsubstanz und andere quellbare Körper von feinwabiger Struktur geschildert habe.

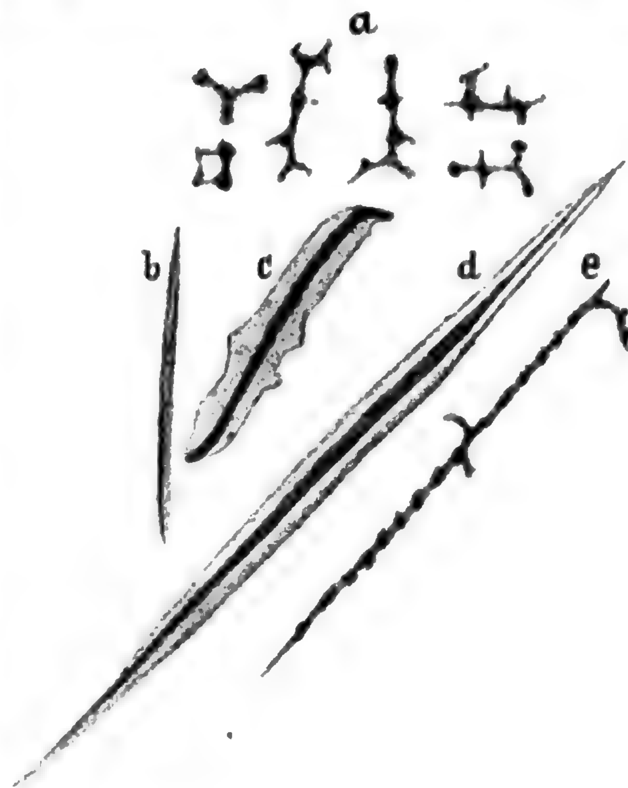
Der Strukturcharakter ist in dem Gel und dem Tabaschir wesentlich der gleiche und durchaus wabenartig. Am schönsten tritt er hervor an dem auf Fig. 7 Tf. V (1730) abgebildeten, ganz dünnen Splitter von Tabaschir und dem Fragment des Gels (Nr. 93), das auf Fig. 5 Tf. V (2900) dargestellt ist. Das Wabenwerk ist teils ganz unregelmäßig gleichförmig ausgebildet, teils tritt eine mehr oder minder ausgesprochene Neigung zu reihig-faseriger Anordnung hervor, wie dies die Photographie Tf. V Fig. 2 von Tabaschir schön zeigt. Auch in den Gel kann man die reihig-faserige Ausbildung vielfach beobachten; manchmal ist sie sogar sehr ausgeprägt, was Tf. V Fig. 5 gut wiedergiebt. An letzterer Stelle schien auch eine kreuzstreifige Anordnung stellenweise angedeutet zu sein, wie ich sie als Ergebnis von Zugwirkungen in wabig strukturierten Gallerten vielfach nachgewiesen habe (s. 1898. fr. 176 ff., p. 191 ff.). Die Größenverhältnisse der Waben sind ziemlich verschieden. Bei dem Tabaschir ergeben sie sich aus den Photographien Tf. V Fig. 2, 4 und 7, und Tf. VI Fig. 6 übereinstimmend zu 1,4 — 1,5 μ; ein ähnlicher Wabendurchmesser ergiebt sich ferner für den Gel von 1893 aus Fig. 3 Taf. V, nämlich 1,5 μ; dagegen berechnet sich der Durchmesser der Waben der beiden *van Bemmelen*'schen Gel aus den Photographien Tf. V Fig. 1 u. 5 nur auf 0,91—1,0 μ. Letztere sind daher jedenfalls viel feiner strukturiert.

Sowohl der Tabaschir als die künstlichen Gel lassen sich sehr intensiv färben. Versuche wurden angestellt mit Säurefuchsin, Orcein und Dahlia in alkoholischen Lösungen. Die Stücke wurden dann kurz in absolutem Alkohol ausgewaschen, darauf in Xylol übergeführt und nach völligem Auswaschen getrocknet.[1])

---

[1]) Die leichte und intensive Färbbarkeit des Hydrophans in Anilinfarben beobachtete schon *Behrens* (1871, p. 521). Er fand besonders Fuchsin hierfür sehr geeignet. Die selbst mit Wasser in der Siedhitze nicht ausziehbare Farbe wird durch heißen Alkohol in kurzer Zeit entfernt. Er verwendete dies Verfahren mit Vorteil zum Nachweis von Hydrophaneinschlüssen in der Opalsubstanz, welche

An den Gel wird meines Erinnerns auch im gefärbten Zustand nichts von Struktur kenntlich; dagegen war die des gefärbten Tabaschirs sowohl an feinen Splittern bei Betrachtung in Luft, als bei Einschluß in dünnflüssigen Kanadabalsam gut zu sehen, im letzten Einschlußmittel natürlich viel blässer. Trotz der sehr intensiven Färbung der ganzen Stücke ist die Farbe der feinen Gerüstelemente natürlich sehr schwach, doch läßt sie sich immerhin wohl erkennen und erhöht die Deutlichkeit der Struktur wesentlich. Auf Fig. 6 Tf. VII (1970) sind einige sehr feine Zertrümmerungsprodukte des mit Säurefuchsin gefärbten Tabaschirs photographiert, welche, bei relativ weit geöffneter Blende, ein gutes Bild der Wabenstruktur geben. Um die größeren wabig strukturierten Fragmente sieht man hier auch ganz feine Zerfallsprodukte des Gerüstwerks zerstreut, in Gestalt körnchen- bis stäbchenförmiger und schließlich verästelter Gebilde, wie sie auch beim Zertrümmern wabiger Gerüstwerke organischer Körper vielfach erhalten werden (s. hierüber *Bütschli* 1898 von Cellulose p. 212 ff., Collodium p. 60, Chitin p. 368 ff. und *Sukatschoff* 1899).



Nebenstehende Textfig. zeigt bei a einige solche Gerüstfragmente feinster Art von schwach mit Öl imbibiertem Tabaschir und bei e ein interessantes, langstäbchenförmiges Fragment des Gels Nr. 91 (v. B.). Letzteres stammt jedenfalls von einer Stelle mit regelmäßig längsgereihten Waben, wie sie

sich auf diese Weise nicht färbt. *Behrens* beurteilt die Färbung als eine rein adhäsive, eine Ansicht, der ich mich anschließe, jedoch damit keinen prinzipiellen Unterschied gegen eine Auffassung als feste Lösung aussprechen möchte, da meiner Meinung nach ja die Substanz der feinen Kieselsäurelamellen für die Farbstofflösung durchdringlich sein muß. Wie ich schon 1898 p. 384 für die Färbung des feinen Gerüstwerks poröser Thonzellen hervorhob, ist auch die der Gerüstsubstanz der Kieselgels eine ganz homogene, genau wie die organischer derartiger Gerüstsubstanzen. Die Färbbarkeit des Tabaschirs durch Methylgrün und andere Anilinfarben konstatierte schon *Cohn* (p. 387).

Photographie 5 Tf. V von Gel 93 zeigt, und ist eine der Kanten zwischen zwei Wabenreihen mit zahlreichen Knotenpunkten, von denen die abgebrochenen Querwände ausgingen. Zwei solcher Querwände sind noch als Ästchen erhalten geblieben.

Es schien überhaupt sehr häufig, daß die Sprungrichtung solcher Gel durch die Wabenreihung beeinflußt wird, d. h., daß sich in längsgestreiften faserigen Partien leicht Sprünge in der Faserrichtung bilden. Man findet häufig Splitter, an deren Seitenwand viele parallel gereihte Fortsätze, ähnlich den Zinken eines Kammes, hervorstehen. An den pflanzlichen Cellulosefasern fand ich (1898), daß die Sprünge sich hauptsächlich in der Richtung der Wabenreihungen bilden. Mit der erwähnten Erscheinung steht wohl in Zusammenhang, daß man unter den feinen Fragmenten zertrümmerter Gel recht häufig lang nadelartige antrifft, wie sie auf der Textfigur (b — d) abgebildet sind, und die zuweilen noch Anzeichen der wabigen Struktur darbieten. Diese nadelartigen Fragmente sind vielfach recht deutlich dreikantig oder, besser gesagt, rippig, indem sich von einem aufliegenden feinen Blatt eine Mittelrippe etwas erhebt, wie die Figuren c und d zeigen.

Im Hinblick auf die im Folgenden zu schildernden Strukturverhältnisse der Opale muß besonders betont werden, daß weder bei Tabaschir noch bei den untersuchten Gel etwas von sphärolithischem Bau beobachtet wurde.

II. Frühere und jetzige Ansichten über den Bau und gewisse Eigenschaften der Kieselgel und des Tabaschir.

Die sehr eingehenden Untersuchungen *van Bemmelen*'s über den Wassergehalt der Kieselsäuregel bei konstanter Temperatur (15°) und wechselndem Wasserdampfdruck der umgebenden Atmosphäre haben für diese und ähnliche kolloidale anorganische Gallerten sicher erwiesen, daß es sich in ihnen nicht um Hydrate im chemischen Sinne handelt, wie früher angenommen wurde, daß vielmehr das Wasser nur als absorbiert, resp. auch als zwischen die Gelsubstanz eingeschlossen betrachtet werden kann. Schon die 1881 veröffentlichte Arbeit *van Bemmelen's* über die Aufnahme von Salzen und Säuren in den sog. Hydrogel der Kieselsäure hatte ganz deutlich in dieser Richtung gewiesen, obgleich *van Bemmelen* damals noch der Meinung war, daß das Wasser dieses Gels als Hydratwasser aufzufassen sei. Der verwendete Gel enthielt auf 1 Mol. SiO_2 3,8 Mol.

H_2O (53,3 %). Dabei ergab sich, daß beim Eintragen bestimmter Mengen des Gels in Salz- oder Säurelösungen von bestimmtem Gehalt der Gehalt der Lösung an Salz oder Säure stets annähernd um soviel verringert wurde, als es die Menge des im Gel zugeführten Wassers bewirkt haben würde. Es fand daher ein einfacher Ausgleich zwischen dem Wasser des Gels und der zugesetzten Lösung statt in Bezug auf die gelöste Salz- oder Säuremenge. Wurde bei 100° getrockneter Gel verwendet, der nur noch $^1/_5$ Molekül H_2O (5,6 %) enthielt, so trat bei den stets angewandten Quantitäten (20 gr Gel auf 100 ccm Lösung, wobei also nur 1,13 gr H_2O zugeführt wurden) nur eine sehr geringe negative Differenz des Gehaltes der Lösung ein. Wie gesagt, vertrat *van Bemmelen* in dieser Arbeit noch die Ansicht, daß der Kieselgel die betreffenden chemischen Verbindungen anziehe und binde; wogegen die quantitativen Ergebnisse seiner Versuche doch wohl die gegenteilige Auffassung unterstützen, nämlich daß es sich nur um einen Ausgleich des zugesetzten Salzes oder der Säure zwischen dem Wasser der Lösung und dem des Gels handle. Auch *Graham*, der ja schon 1864 zuerst versucht hatte, das Wasser der Kieselsäuregel durch verschiedene Flüssigkeiten, wie Alkohol, Glycerin, Schwefelsäure etc., zu ersetzen, vertrat die, meiner Meinung nach auch für die damalige Zeit etwas eigentümliche Ansicht, daß die Kieselsäure, wie mit dem Wasser, auch mit diesen Körpern Verbindungen eingehe. Besonders eigentümlich ist aber, daß er gerade die Ersetzung des Wassers durch Luft beim Eintrocknen des Gels nicht anführt und sie daher auch wohl nicht beobachtet hat, was für seine Auffassung der Beziehung zwischen Kieselsäure und Wasser nicht ohne Bedeutung war. — Wie bemerkt, vertrat *van Bemmelen* in seinen späteren Arbeiten und insbesondere der von 1896 die Ansicht, daß das Wasser in den Gel nicht chemisch gebunden, sondern nur absorbiert oder eingeschlossen sei. — Schon 1884 hatte *Cohn*, ausgehend von der Unmöglichkeit, im Tabaschir sichtbare Hohlräume nachzuweisen, die von *Nägeli* für die kolloidalen Körper und speziell die organisierten aufgestellte sog. Micellartheorie auch auf die Kieselsäuregallerte übertragen. Der Schwerpunkt dieser Theorie ist, daß sie das aufgenommene Wasser gewissermaßen molekular zwischen die Moleküle oder Molekülgruppen, die sog. Micellen, eingelagert sein läßt und daher die ganze Frage in das molekular-hypothetische Gebiet hinüberführt.

Wie mir scheint, wurde auch *van Bemmelen* 1896 durch die *Cohn*'sche Übertragung der *Nägeli*'schen Micellartheorie veranlaßt,

dieselbe für seine Kieselgel zu adoptieren. Ich glaube, daß es hier zu weit führen würde, *van Bemmelen*'s Ansichten von 1896 über den micellaren Aufbau der Gel genauer zu erörtern; dies ist auch um so weniger notwendig, als er sie schon 1898 sehr wesentlich modificierte, beziehungsweise ganz aufgab. Einige Punkte nur mögen betont werden. Das Micellarwerk des Gel denkt sich *van Bemmelen*, wie *Nägeli* in seiner späteren Darstellung von 1878, als ein Maschen- oder Gerüstwerk. Das im Gel enthaltene Wasser sei in zweierlei Gestalt vorhanden: 1) als sog. micellares Imbibitionswasser, d. h. solches, welches in den Micellverbänden selbst eingeschlossen oder absorbiert sei, und 2) als kapillares Imbibitionswasser, nämlich dasjenige Wasser, das in den Maschen des Micellargerüstes eingeschlossen sei. Besonders bemerkt wird jedoch (1896 p. 235): «Dabei ist keine Rede von sichtbaren Poren, die sich mit Flüssigkeit ausfüllen, sondern von micellaren Interstitien». Hervorgehoben wird ferner (p. 234), daß «der Gel mit seinem Micellarwasser für eine feste Lösung nicht gehalten werden könne». Von besonderer Wichtigkeit muß erscheinen, wie sich *van Bemmelen* die Vorgänge bei dem sog. Umschlag, d. h. dem Weißwerden des Gels beim Eintrocknen und das spätere Wiederdurchsichtigwerden denkt und erklärt. Er giebt hierfür auf p. 308 folgende Erklärung: «Obgleich der Wassergehalt in O» (d. h. dem Punkt der Entwässerung, auf welchem der Umschlag eintritt) «schon auf 3 — 1,5 H_2O (Molek.) erniedrigt ist, und der Gel schon das Ansehen eines festen Stoffes besitzt, so haben die Teile noch eine große Beweglichkeit. Es findet eine Umwälzung im Bau statt, eine neue Koagulation oder Gelbildung, die eine nicht unbedeutende Zeit in Anspruch nimmt, wenn der Dampfdruck der Gasphase ungeändert bleibt und die Entwässerung also stillsteht. Die Kolloidteilchen ziehen sich auf einmal stärker zusammen und gehen in einen festeren Zustand über. Sie erhalten eine Dichtezunahme und deshalb ein kleineres Volum. Dadurch entsteht in diesem Falle eine kleine Vergrößerung des Interstitienraumes. Diese (die ?) Micellen folgen jedoch dieser Zusammenziehung nicht. So kann das Wasser die Interstitien nicht mehr ganz ausfüllen und die Luft dringt in den leeren Raum. Die teilweise mit Wasser, teilweise mit Luft gefüllten Interstitien bringen die Trübung hervor.» Das Durchsichtigwerden bei fortgesetztem Eintrocknen wird dann auf p. 309 folgendermaßen erklärt: «Bei der fortschreitenden Entwässerung nähern sich die Kolloidteilchen und die Micellen wieder regelmäßig, so daß allmählich die leeren Räume verschwinden und

der Gel wieder homogen und durchscheinend wird. Kolloidteilchen und Wasser sind in O' (d. h. im Punkt, wo die Durchsichtigkeit eintritt) wieder optisch verbunden.» Alle diese Veränderungen werden durch erneuerte Imbibition in umgekehrter Richtung wieder aufgehoben und rückgängig gemacht. Bei der Wiederwässerung nimmt der Gel wieder soviel Wasser auf, als er im Punkte O besaß und die Erscheinungen des Umschlags lassen sich durch neue Austrocknung beliebig wiederholen.

Gegen diese Auffassung der Kieselsäuregel und speziell des sog. Umschlags sprach ich mich schon 1898 p. 377 ff. aus. Daß mit dem Eintritt des Umschlags eine neue «Koagulation», eine Umwälzung im Bau des Gel eintritt, ist sehr unwahrscheinlich, da diese Koagulation bei Wasserzusatz beliebig rückgängig und beim Eintrocknen beliebig wieder hervorgerufen werden könnte, während die von mir gegebene Erklärung es durchaus verständlich macht, daß der Umschlag, d. h. das erste Auftreten von Luft in den Hohlräumchen, stattfinden muß, sobald diese beim Verdunsten sich nicht mehr zusammenziehen können. Dieser Zustand wird beim ersten Eintrocknen eines Gels bei einem gewissen Wassergehalt erreicht und bleibt dann dauernd bestehen für jede Wiederwässerung. Die Erklärung des Umschlags läßt sich daher rein physikalisch geben. Während nun *van Bemmelen*'s Erklärung das Trübwerden beim Umschlag durch das Auftreten luftgefüllter Räumchen (Interstitien zwischen den Micellen) im allgemeinen richtig deutet, steht dagegen seine Erklärung für das Wiederdurchsichtigwerden in Widerspruch mit den Thatsachen. Die Durchsichtigkeit soll dadurch hervorgerufen werden, daß die Micellen sich wieder nähern und die leeren Räume zwischen ihnen verschwinden. Hieraus geht hervor, daß *van Bemmelen*, als er diese Erklärung aufstellte, die Thatsache unbekannt war, daß solch' ein durchsichtig gewordener Gel beim Eintauchen in Wasser eine Menge Luft austreten läßt, und zwar viel mehr als ein noch trüber Gel. Er beurteilte ihn daher als nicht mehr lufthaltig, während er thatsächlich viel lufthaltiger ist als der trübe und wasserreichere. Die *van Bemmelen*'sche Erklärung setzt sich aber auch in Widerspruch mit der Thatsache, daß der Gel, vom Eintritt des Umschlags an, bei fortgesetztem Eintrocknen an Volum nicht abnimmt, wie dies *van Bemmelen* in seiner späteren Arbeit (1898 III) auch selbst feststellte, und daß ebenso bei der Wiederwässerung keine Volumzunahme stattfindet. Letzteres aber müßte nach seiner Erklärung von 1896 der Fall sein, da «die Interstitien» (bei der Wiederwässerung) «wieder vergrößert und die leeren Räume auch mit Wasser gefüllt werden» (p. 309).

1898 (II) gelangte *van Bemmelen* zu einer wesentlich anderen und, wie ich meine, richtigeren Auffassung der Gel. Diese Veränderung seiner Ansichten gründet sich, wie auch aus seiner Darstellung hervorgeht, wesentlich auf das Studium der von mir 1894 und 1896 veröffentlichten Untersuchungen über den Bau quellbarer und nichtquellbarer gallertiger Körper (darunter auch solche über die Kieselsäure). Die Entstehung einer Gallerte oder eines Gels hält er jetzt für einen Entmischungsvorgang (p. 20), wobei sich die eine Substanz, die das Gerüstwerk bildet, anfänglich zähflüssig ausscheidet und die zweite flüssigere Substanz in sich einschließt. Da bei dieser Erörterung über die wahrscheinliche Entstehung der Gel durch Entmischung mein Name gar nicht genannt wird, so kann ich nicht unterlassen zu betonen, daß ich diese Bildung der Gel seit 1892 (p. 217, 1893 p. 13, 1894 p. 31, besonders 1896 p. 37) vertreten habe und zwar, wie ich glaube, zum ersten Mal. *Van Bemmelen* acceptiert denn auch in allen wesentlichen Punkten die von mir dargelegte und durch zahlreiche Beobachtungen wahrscheinlich gemachte Wabenstruktur der Gel, indem er sich dabei hinsichtlich der Sichtbarkeit der Strukturen auf meine Erfahrungen beruft, jedoch auch in den Abschnitten über die Ersetzung der Gelflüssigkeit durch andere, die Auspreßbarkeit der Gelflüssigkeit, die Austrocknung und das Aufquellen der Gel sich vorwiegend auf meine Beobachtungen stützt. Wie früher, und wie auch ich schon 1896 (p. 39 ff.), unterscheidet er wieder zwischen demjenigen Wasser, welches die Gerüstsubstanz des Gels als solche aufnehmen kann («absorbiert») und demjenigen, das in den Hohlräumchen eingeschlossen ist. In einer Anmerkung auf p. 25 spricht er sich gegen die von mir (1896 p. 40) erörterte Möglichkeit aus, daß das von der Gelsubstanz selbst aufgenommene Wasser eine chemische Bindung mit derselben eingehe, denn die Gel seien nach seinen Erfahrungen gar keine Hydrate. Ich acceptiere diese Korrektur gern, die ich auch selbst schon angebracht hätte, wenn mir die 1896 erschienene Arbeit *van Bemmelen*'s bekannt gewesen wäre. Dagegen wäre von *van Bemmelen* bei dieser Gelegenheit zu beachten gewesen, daß ich die Hydratbildung nur als eine Möglichkeit erörtere und anschließend hervorhebe, daß diese Bindung von Wasser durch die Gelgerüstsubstanz auch als eine feste Lösung von Wasser in der Gelsubstanz aufgefaßt werden könne, ja daß die Erscheinungen bei dem Eintrocknen der Lösungen kolloidaler Körper hierfür lebhaft sprechen. — Bei dieser Stellung *van Bemmelen*'s in der Frage nach dem Bau der Gel fällt es sehr auf, daß er seine 1896 über den

sog. Umschlag geäußerte Meinung auch 1898 noch festzuhalten scheint, wenigstens bemerkt er in der 2. Abhandlung (1898 p. 35): «jedoch habe ich beobachtet, 1. daß die weiße Farbe oder Trübung bei dem Hydrogel von SiO_2 auch entstehen kann, wenn eine gewisse Änderung im Bau stattfindet (eine neue Koagulation), ohne daß noch leere Räume auftreten (im Umschlagspunkt O); 2. daß der Gel bei fortgesetzter Entwässerung wieder hell wird (Punkt O′), obgleich doch die mit Luft erfüllten Räume vermehrt sind, oder sich vergrößert haben». In der 3. Abhandlung p. 106: «diese Beobachtungen machten es noch sicherer, als sich schon früher ergeben hatte, daß der Umschlag in der Spaltung des Gels in zwei Substanzen besteht, die ein verschiedenes Lichtbrechungsvermögen besitzen»; und weiter p. 107: «es fragt sich jetzt, ob die Trübung (die neue Koagulation) schon gleich mit einer Bildung von Hohlräumen anfängt». Diese Frage wird jedoch nicht eigentlich beantwortet; da es aber im Vorhergehenden p. 106 heißt: «sobald er (der Gel) sich trübte, traten einige (Luftblasen) auf» (d. h. beim Eintauchen in Wasser), so scheint es selbstverständlich, daß auch die erste Trübung von Lufteintritt herrührt, insofern ja nachweislich die weitere Steigerung dieser Erscheinung auf Zunahme der Luft beruht. Wie gesagt, scheint jedoch *van Bemmelen* noch jetzt die Meinung zu vertreten, es müsse bei dem Umschlag zuerst eine Art neuer Koagulation oder Spaltung der Gelsubstanz in zwei verschieden wasserhaltige Bestandteile eintreten. Ich vermag diese Ansicht nicht zu teilen, um so weniger, als sich ja die ganze Reihe der Erscheinungen nach Wiederwässerung des Gels beliebig oft bei jedem Eintrocknen wiederholen läßt, und eine jedesmalige neue Koagulation höchst unwahrscheinlich ist. Es scheint mir, daß *van Bemmelen* in dieser Meinung dadurch bestärkt wird, daß er dem von mir schon 1894 beschriebenen Auftreten einer feinwabigen Struktur im Moment des Umschlags, die beim späteren Glasigwerden wieder schwindet, etwas mißtrauisch gegenübersteht. Wenigstens bemerkt er hierüber (III. p. 101): «es wäre allerdings sehr merkwürdig, wenn diese Beobachtung durch neuere bestätigt würde». Er selbst hat (1898 III. p. 105) bei der Austrocknung unter dem Mikroskop nichts gesehen, als das Auftreten einer erst gelben, dann rotgelben und schließlich wieder verschwindenden Farbe. Da er nur Vergrößerungen von «150 oder 300» (s. III p. 99) anwendete (mit welchem Mikroskop, wird nicht gesagt), so kann das negative Ergebnis nicht überraschen.

Schon *Brewster* hat 1819 eine Erklärung für die Erscheinung des

Umschlags bei dem Tabaschir gegeben, die rein physikalisch ist. Daß dabei chemische Verhältnisse im Spiel seien, hielt er richtig für ausgeschlossen, da alle Flüssigkeiten den Tabaschir bei ungenügender Imbibition in gleicher Weise trüb und weiß machen. *Brewster* war der Überzeugung, daß der Tabaschir von zahllosen feinen Hohlräumchen durchsetzt sei, obgleich er sie nicht gesehen hat. Auf die Existenz dieser Hohlräumchen gründet er seine Erklärung, in der sich jedoch ein ganz auffallender Widerspruch findet. *Brewster*, der die Brechung eines Prismas von Tabaschir bestimmte, fand, daß der Brechungskoefficient des lufttrocknen Tabaschirs sehr gering ist, geringer als der sämtlicher Flüssigkeiten, nämlich 1,1115—1,1825, daß er zwischen dem der Luft und dem des Wassers stehe. Er berechnet hiernach sogar, daß die «brechende Kraft» des Tabaschir (nach der Formel brechende Kraft $= \frac{M^2 - 1}{S}$, M = Brechungskoefficient, S = spezifisches Gewicht) weit geringer sei als die der Luft, nämlich 976,1 : 4530. Wobei ihm jedoch ein «ausgezeichnetes Mitglied der k. Societät» den sehr richtigen Einwand machte, daß er nicht das spezifische Gewicht der Tabaschirkieselsubstanz (2,4), sondern das des lufthaltigen Tabaschir (0,66) hätte verwenden sollen. *Brewster's* Erklärung besteht nun darin, daß die Tabaschirsubstanz eine von der Luft wenig verschiedene «Brechungskraft» besitze, weshalb das Licht beim Übergang aus der Tabaschirsubstanz in eine der lufterfüllten Poren sehr wenig zerstreut werde. Dasselbe sei der Fall, wenn die Poren statt mit Luft mit Wasser gefüllt seien, da der Unterschied der Brechungskraft zwischen Tabaschirsubstanz und Wasser noch geringer sei. (Nach seiner Tabelle auf p. 417 ist jedoch dieses Verhältnis 976,1 : 7845,7, also nicht kleiner, sondern viel größer.) Wenn dagegen die Porenwände innerlich mit einer dünnen Schicht von Wasser bedeckt seien, so finde beim Übertritt des Lichts aus dieser Wasserschicht in den Luftraum der Poren eine sehr beträchtliche Zerstreuung statt, da die Brechungskräfte von Wasser und Luft sehr verschieden seien. Auch dies trifft jedoch wiederum nicht zu, da der Unterschied zwischen Tabaschir und Wasser (976,1 : 7845,7) doch viel größer ist als der von Luft und Wasser (4530 : 7845,7) und dennoch der wassergetränkte Tabaschir durchsichtiger ist. Ganz in Widerspruch gerät jedoch *Brewster* im Weiteren, wo er zeigt, daß der kalkähnliche Tabaschir, d. h. der undurchsichtig weiße, in Buchöl ganz durchsichtig wird, und hieraus schließt, daß die «lichtbrechende Kraft der festen Teile

des Tabaschirs gleich der des Buchöls (1,500) zu sein scheine» (p. 428).

Nur ein Punkt in der *Brewster*'schen Erklärung des Umschlags dürfte demnach richtig sein, nämlich der, daß die Erscheinung daher rührt, daß die sehr dünnen Wände der Hohlräumchen durch beiderseits angelagerte Wasser- oder Flüssigkeitsschichten verdickt werden und das Weißwerden hierauf beruht. *Cohn* hat der *Brewster*'schen Erklärung nichts zugefügt, sondern sie einfach acceptiert. Er bemerkt (p. 398): «Wenn die intermolekularen Interstitien des Tabaschir von einem einzigen Medium ausgefüllt sind, so erscheint dasselbe» (wohl eigentlich derselbe) «mehr oder weniger durchsichtig und zwar wird die Transparenz des Tabaschirs um so vollkommener, und zugleich sein Brechungsindex um so höher, je größeres Brechungsvermögen dem in die Interstitien aufgenommenen Medium zukommt; sind dagegen in den intermolekularen Interstitien zwei Medien von verschiedenem Brechungsindex enthalten, so wird die Tabaschirmasse undurchsichtig». Hierzu ist zu bemerken, daß hiermit, wie *Cohn* auch sagt, nur eine Regel ausgesprochen ist, jedoch keine Erklärung; denn warum die Gegenwart zweier Medien in den molekularen Interstitien Undurchsichtigkeit bewirkt, dies bleibt unaufgeklärt; die *Brewster*'sche Erklärung hierfür erörtert *Cohn* nicht. Zu bemerken wäre ferner, daß es nicht richtig ist, daß der Tabaschir um so durchsichtiger werde, je größeres Brechungsvermögen dem in die Interstitien aufgenommenen Medium zukommt. Richtig ist, daß die Transparenz um so größer wird, je mehr sich dieses Medium dem Brechungskoefficienten der festen Tabaschirsubstanz nähert; wird dieser Punkt jedoch überschritten, d. h. wird der Brechungskoefficient der Imbibitionsflüssigkeit höher, so tritt bald wieder geringere Durchsichtigkeit ein. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man den Tabaschir in Alkohol bringt und darauf allmählich Schwefelkohlenstoff zusetzt; dann tritt ein Moment ein, wo das Stück geradezu verschwindet; vermehrt man dann den Schwefelkohlenstoffzusatz, so wird es wieder undurchsichtiger und schließlich in reinem CS_2 opak und weißlich wie im wassererfüllten Zustand.

In seiner Arbeit über den Hydrophan bezweifelt *Reusch* die Richtigkeit der *Brewster*'schen Erklärung, ohne jedoch, meiner Ansicht nach, die eigentlich schwachen Punkte zu treffen. Er giebt eine andere Erklärung, welche mir weniger richtig scheint als die *Brewster*'sche. *Reusch* meint nämlich, daß die Trübung, welche beim Verdunsten der Imbibitionsflüssigkeit eintritt, auf Flüssigkeitsströmungen

in den Porenkanälen beruhe. Solche Strömungen müßten um so stärkere Trübung bewirken, je schneller und energischer sie seien. Daß diese Ansicht unbegründet ist, geht daraus hervor, daß man mit so wenig verdunstenden Flüssigkeiten, wie Öl, die Erscheinung leicht hervorrufen kann und daß die Undurchsichtigkeit sich viele Tage lang erhält.

Wir gehen nun zu eigener erneuter Beurteilung der Umschlagserscheinung über. Wie ich schon 1898 darlegte, beruht dieselbe sicherlich darauf, daß beim Austrocknen in den Waben Luftbläschen auftreten und daß diese bei einer gewissen Größe deutlich sichtbar und optisch wirksam werden. Bei einer gewissen Dünne der zwischen ihnen befindlichen Wasserschicht (plus Gerüstwand) nimmt jedoch ihre Sichtbarkeit ab und erlischt schließlich ganz. Die ganze Erscheinung hängt daher auf das innigste mit der ungemeinen Dünne der Wände der Hohlräumchen zusammen. Dieselben sind bei dem künstlichen Kieselgel weder in lufterfülltem, noch in flüssigkeitserfülltem Zustand mikroskopisch zu erkennen, bei dem von mir untersuchten Tabaschir jedoch schwach wahrnehmbar. Für die weitere Beurteilung der uns hier entgegentretenden Verhältnisse muß eine ungefähre Kenntnis der Dicke der Hohlräumchenwände von besonderer Bedeutung sein. Auf dem mikroskopischen Bild sind ja, wie ich 1898 ausführte, wenn man die Wände überhaupt sieht, genauere Daten über ihre Dicke nicht zu erhalten. Dies beruht darauf, daß die Feinheit der Wände auf dem mikroskopischen Bild eine Messung nicht gestattet, höchstens eine Schätzung; auch variiert die Dicke des dunkeln Durchschnittsbilds einer solchen Wand mit der höheren oder tieferen Einstellung. Es muß deshalb erwünscht sein, auf anderem Wege ein Urteil über die ungefähre Dicke der Wände zu gewinnen. Dazu bietet sich nun bei dem Tabaschir und dem Kieselsäuregel ein Weg, indem sich aus dem Gewicht des bei der Imbibition aufgenommenen Wassers, dem des Kieselsäuregerüstes von bekanntem spezifischem Gewicht und dem mittleren Durchmesser der Hohlräume die ungefähre Dicke der Wände berechnen läßt. Vorausgesetzt ist dabei natürlich, ebenso wie das schon bei der Berechnung des Volumens der Hohlräumchen (s. oben p. 290) der Fall war, daß das Imbibitionswasser in den Hohlräumen nicht wesentlich verdichtet wird; denn wenn dies einträte, so müßte diese unbekannte Verdichtung in Rechnung gezogen werden.

Die Dicke der Alveolenwände können wir, wie ich schon 1896 (p. 34 Anm.) ausführte, in folgender Weise berechnen. Denken wir uns die Al-

veolen der Einfachheit wegen würfelförmig, was bei der Unregelmäßigkeit der Hohlräumchengestalt keinen sehr erheblichen Einfluß auf das Endresultat haben kann, und bezeichnen wir die Kantenlänge des kubischen Hohlräumchens mit a, die Dicke seiner Wand dagegen mit m, so ist das innere Volum des Hohlraums $= a^3$, dasjenige der zu einem Hohlraum gehörigen Wandsubstanz dagegen $= (a + m)^3 - a^3$. Da sich nun diese Volumina ebenso verhalten wie das Gesamtvolumen der Hohlräume in einem bestimmten Volum des Gels zu dem Gesamtvolum der festen Gerüstsubstanz, so folgt, wenn P und P^1 die Gewichte der festen Kieselsubstanz und des Imbibitionswassers sind und p das spezifische Gewicht der Kieselsubstanz:

$$\frac{(a + m)^3 - a^3}{a^3} = \frac{\frac{P}{p}}{P^1};$$

hiernach ergibt sich $m = a\left(\sqrt[3]{\frac{P}{p \cdot P^1} + 1} - 1\right)$.

Berechnet man aus dieser Formel die Dicke der Wände für den undurchsichtigen Tabaschir (1) *Brewster*'s, indem man den Durchmesser der Hohlräumchen so nimmt, wie ich ihn bei dem von mir untersuchten Tabaschir gefunden, d. h. $= 1{,}45\ \mu$ und das von *Brewster* bestimmte spezifische Gewicht 2,059, so folgt für m 0,187 μ. Da der von mir untersuchte Tabaschir fast genau ebensoviel Wasser imbibiert als der undurchsichtige *Brewster*'s, nämlich 106 % (statt 107), so ergibt die Rechnung auch für ihn, bei Annahme desselben spezifischen Gewichts der Gerüstsubstanz, dieselbe Wanddicke.

Bei dem von *Cohn* näher untersuchten Tabaschir, für den $P = 1{,}1056$, $P^1 = 1{,}529$ und $p = 2{,}086$, wäre unter der Voraussetzung gleichen Durchmessers der Hohlräume $m = 0{,}152\ \mu$. Bei den von *van Bemmelen* untersuchten Gel war das Verhältnis des Volums der Gelsubstanz zu dem Volum der Hohlräumchen im Durchschnitt 0,97; der Durchmesser der Hohlräumchen dagegen ist nach meinen Beobachtungen durchschnittlich nur 1 μ. Hieraus berechnet sich auf die gleiche Weise eine ungefähre Dicke der Wände von 0,27 μ. Mein Gel von 1893, der 68,02 % Wasser imbibiert und Hohlräumchen von 1,5 μ zeigt, würde hiernach, bei der Voraussetzung eines spezifischen Gewichts der Kieselsubstanz von 2,06, eine Wanddicke der Alveolen von 0,30 μ besitzen. Da der Durchmesser der Hohlräumchen von uns etwas zu groß angegeben wird, indem wir bei seiner Berechnung die zugehörigen Zwischenwände nicht in Abzug gebracht haben, so folgt hieraus, daß die gefundenen Zahlen

etwas zu hoch sind. Voraussetzung der Rechnung ist jedoch natürlich, daß sämtliche Hohlräumchen bei der Imbibition auch wirklich vom Wasser erfüllt werden; sollte dies nicht der Fall sein, und die Möglichkeit ist gewiß nicht ganz ausgeschlossen, so würde sich die Dicke der Wände zu groß ergeben.

Jedenfalls folgt aber aus den obigen Betrachtungen, daß die Wanddicke der Hohlräumchen bei dem Tabaschir nicht wesentlich über 0,2 μ betragen kann. Nun sind, wie oben gezeigt wurde, diese Wände bei dem von mir untersuchten Tabaschir sowohl in Wasser wie in Luft, wenn auch schwierig, so doch deutlich sichtbar. Je mehr sich der Brechungskoefficient der Zusatzflüssigkeit dem der Tabaschirsubstanz nähert, desto undeutlicher wird die Struktur, um schließlich, bei annäherndem Zusammenfall beider Koefficienten, völlig zu verschwinden, wie wir es ja für den Einschluß in Kanadabalsam beobachtet haben[1]). Hieraus folgt demnach sicher, daß die Sichtbarkeit solch' feiner Strukturelemente in der Hauptsache auf Brechung und Reflektion des Lichtes zurückzuführen ist, wie ich 1898 auf Grund der früheren Untersuchungen über diesen Gegenstand darzulegen versuchte. Wenn nun die mittlere Dicke der Wände des untersuchten Tabaschirs wirklich nicht über 0,2 μ beträgt, so stimmt dieser Betrag nahezu überein mit der auf theoretischem Weg von *Abbe*[2]) als die Grenze der möglichen mikroskopischen Wahr-

---

[1]) Es ist jedoch klar und bedarf kaum besonderer Betonung, daß die Sichtbarkeit der Struktur wieder eintritt und in dem Maße zunimmt, als der Brechungskoefficient der Imbibitionsflüssigkeit den der Gerüstsubstanz übersteigt.

[2]) Siehe *Abbe*, Beiträge zur Theorie des Mikroskops und der mikroskopischen Untersuchung. Arch. f. mikroskopische Anatomie Bd. 9 (1873) p. 413—468. Es verdient jedoch hervorgehoben zu werden, daß nach *Abbe*'s Ausführungen (p. 456) die mögliche Unterscheidung von Objekten, deren Größe eine halbe Wellenlänge des blauen Lichts nicht übertrifft, nur für «äußerste schiefe Beleuchtung» eintritt, wogegen bei centraler Beleuchtung die Unterscheidbarkeit nicht unter den Betrag der ganzen Wellenlänge herabgehe. Bei meinen Untersuchungen habe ich von schiefer Beleuchtung nie Gebrauch gemacht, sondern nur von sehr starker Verengerung der Blende, d. h. möglichster Verwendung parallelen Lichts. Wenn daher die Berechnung wirklich ein annäherndes Maß für die Dicke der Wände des untersuchten Tabaschirs gibt, so müßte die mögliche Unterscheidbarkeit mikroskopischer Objekte bei centraler Beleuchtung doch erheblich unter die von Abbe gesteckte Grenze herabgehen. Wie ich schon 1898 auszuführen suchte, kann ich mich jedoch der Meinung nicht verschließen, daß auch durch *Abbe*'s Darlegungen die Bedingungen für die mikroskopische Wahrnehmung feinster Objekte und ihrer Kombinationen, d. h. feinster Strukturen, noch nicht genügend aufgeklärt sind.

nehmbarkeit abgeleiteten Größe einer halben Wellenlänge des Lichts. Da nämlich das kurzwellige violette Licht etwa eine Wellenlänge von 0,39 μ besitzt, so würde sich 0,2 μ als die äußerste Kleinheit für die Wahrnehmung mikroskopischer Objekte ergeben, natürlich nur unter den günstigsten Bedingungen, nämlich bei möglichst hoher Differenz der Brechungskoefficienten des Objekts und seiner Umgebung und bei Betrachtung in möglichst parallelem Licht.

Aus diesen Ergebnissen am Tabaschir scheint mir jedoch auch unabweisbar zu folgen, daß die Berechnung der Dicke der Wände der künstlichen Kieselgel keine richtigen Größen ergeben haben kann. Denn wenn die Dicke ihrer Wände, wie berechnet, 0,2—0,3 μ betrüge, so müßten sie sichtbar sein, vorausgesetzt, daß die Dimension der Hohlräumchen nicht unter 0,2 μ wären. Letzteres kann jedoch nicht der Fall sein, da wir fanden, daß nach teilweiser Imbibition mit Öl, also nachdem die Wände durch diesen Prozeß verdickt und die Hohlräumchen noch mehr verkleinert wurden, die Struktur deutlich hervortritt. Wie gesagt, scheint dies sicher zu erweisen, daß die Unsichtbarkeit der Struktur dieser Gel nicht auf zu weitgehender Kleinheit der Hohlräumchen beruhen kann. Es kann also nur die Feinheit der Wände sein, welche die Unsichtbarkeit ihrer Struktur bedingt; daraus dürfte jedoch folgen, daß die Berechnung der Wanddicke sicherlich zu hohe Werte ergeben hat, indem die Dicke der Wände dieser Gel unter 0,2 μ bleiben muß. Dies läßt sich nur so verstehen, daß die Hohlräumchen bei der Imbibition nicht sämtlich mit Wasser gefüllt werden und ihr Gesamtvolum deshalb zu niedrig gefunden wird, eine Möglichkeit, die wir schon oben erwogen.

Im allgemeinen ergibt sich ferner aus diesen Erfahrungen, daß eine Parallelität zwischen dem makroskopischen optischen Verhalten und dem mikroskopischen besteht. Wenn das Aussehen nämlich ein deutlich opakes bis milchweißes ist, so läßt sich auch mikroskopisch eine inhomogene Beschaffenheit an dünnen Splittern oder Schichten sicher nachweisen; erscheint dagegen die Substanz makroskopisch glasig oder doch nur schwach opalescierend, so zeigt sie auch mikroskopisch, trotz eventueller Inhomogenität, keine Strukturen. In diesem Fall ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß eine solche Struktur existiert, denn bei den Kieselgel läßt sie sich durch geeignete Maßnahmen erweisen. Wäre jedoch die Möglichkeit ausgeschlossen, die Hohlräumchen der Kieselgel durch teilweise Imbibition unvollständig mit Flüssigkeiten zu erfüllen, d. h. würden Flüssigkeiten in die Gel nicht eindringen, so ließe sich der Nachweis der Struktur oder der Inhomo-

genität wenigstens auf die angegebene Weise nicht erbringen. Dies dürfte dann wiederum den Schluß bestätigen, den ich aus meinen früheren Untersuchungen vielfach zu ziehen gezwungen war: daß nämlich in zahlreichen Fällen scheinbar homogene oder unstrukturierte Körper thatsächlich nicht homogen sind, sondern nur eine so feine Struktur besitzen, daß sie mikroskopisch nicht erkennbar ist.

Die glasig durchsichtige Beschaffenheit der Kieselgel, trotz ihrer inhomogenen Natur und Hohlräumchenstruktur, bedarf jedoch noch einer Betrachtung. Es ist bekannt, daß kleine farblose, stärker brechende Partikel, die in einem viel schwächer brechenden farblosen Medium suspendiert sind, bei Betrachtung in auffallendem Licht und auf dunklem Grund eine bläuliche Farbe der Suspension hervorrufen. Im durchfallenden Licht dagegen erscheint die Suspension in diesem Fall gelb bis gelbbraun oder rot. Eine eingehende Erläuterung dieser Farben sog. trüber Medien im auffallenden und durchfallenden Licht hat *Brücke* (1853) gegeben, der darzulegen versuchte, daß die Erscheinung sich theoretisch ableiten lasse aus den bekannten Gesetzen für das Intensitätsverhältnis des gebrochenen und reflektierten Anteils des auf die Partikel fallenden Lichts. Es läßt sich nämlich zeigen, daß unter diesen Bedingungen die Intensität des reflektierten Lichts um so größer ist, je größer seine Brechbarkeit; d. h., daß die brechbareren Strahlen des einfallenden weißen Lichts etwas stärker reflektiert werden. Die Folge hiervon wird sein, daß im reflektierten Licht das Blau etwas überwiegen muß. Je häufigere Wiederholungen der Reflektionen an den Partikeln eintreten, wie dies in einer solchen Suspension der Fall ist, desto größer wird daher die Intensität des Blau bei Betrachtung im reflektierten Licht werden. Umgekehrt wird sich dagegen im durchfallenden Licht die Intensität des Blau entsprechend vermindern, weshalb die Suspensionen im durchfallenden Licht gelb bis rot und braun erscheinen. *Brücke* wies ferner darauf hin, daß bei genügender Feinheit der Partikel auch die Interferenz des an der Vorder- und Hinterseite der Partikelchen reflektierten Lichts ins Spiel kommen kann. In dieser Weise kann z. B., wenn die durchschnittliche Dicke der Partikelchen $^1/_4$ Wellenlänge des blauen Lichts beträgt, eine durch fortgesetzte Reflektion sehr wesentliche Verstärkung des blauen reflektierten Lichts hervorgerufen werden. Eine Konsequenz dieser Anschauung wäre jedoch, meiner Meinung nach, auch, daß bei anderen durchschnittlichen Dickenverhältnissen der Partikelchen eine sehr wesentliche Veränderung der blauen Reflektionsfarbe eintreten müßte, ja bei einer Dicke von $^1/_4$ Wellenlänge des roten Lichts ein Vorwiegen dieses u. s. f.

Derselbe Gegenstand wurde später sehr vielfach bei den langwierigen Diskussionen über die Farbe der Gewässer von *Tyndall*, *Soret*, *Spring* und Anderen erörtert, wobei jedoch *Brücke*'s Arbeit meist gar nicht erwähnt wurde.

Eine wesentlich andere Erklärung der Farben trüber Medien gab später (1871) *J. W. Strutt (Lord W. Rayleigh)*. Er weist darauf hin, daß die gewöhnlichen Brechungs- und Reflektionsgesetze des Lichts nur Gültigkeit haben können, wenn die in Frage kommenden Partikelchen «larger than many square wave lengths» sind. Dies trifft jedoch für feine trübe Medien, namentlich für die blaue Farbe des Himmels, die er besonders berücksichtigt, sicher nicht zu. Aufgrund physikalisch-mathematischer Erörterungen, denen zu folgen ich nicht imstande bin, sucht *Strutt* nachzuweisen, daß die von solch' feinen suspendierten Partikeln hervorgerufenen Störungen in der Wellenbewegung des Äthers dazu führen müssen, daß die Intensität des sich senkrecht zu der Richtung des einfallenden Strahls ausbreitenden Lichts um so mehr geschwächt werden müßte, je größer seine Wellenlänge sei, weshalb also in diesem seitlich sich ausbreitenden Licht das Blau überwiege. Schon hieraus, jedoch ebenso aus weiteren Betrachtungen, folge ferner, daß umgekehrt im durchgehenden Licht Rot und Gelb überwiegen müssen.

Wie wir schon früher sahen, zeigt der milchglasartige Tabaschir im allgemeinen ganz das Verhalten solch' trüber Mittel oder Suspensionen. In dünnen Plättchen auf dunklem Grund erscheint er hübsch blau, im durchfallenden Licht dagegen gelbbraun. Auch die Opale verhalten sich wesentlich so, insofern nicht eine beigemischte Eigenfarbe die Erscheinung stört.

Ganz anders dagegen erscheinen die glasigen Kieselgel. Im durchfallenden Licht zeigen sie höchstens einen Stich ins Gelbliche; im auffallenden senden sie überhaupt nicht merkbar inneres Licht zurück, ebensowenig wie dies Glas thut. Daß diese Erscheinung mit der Dünne der Wände ihrer Hohlräumchen zusammenhängen muß, ist aus dem schon früher Dargelegten klar. Wenn die Dünne ihrer Wände unter $^1/_4$ der Wellenlänge des violetten Lichts herabgeht (also unter ca. 0,1 μ), so wird der Fall eintreten, der im dunklen Centrum der *Newton*'schen Farbenringe besteht, d. h. es wird kein Licht reflektiert werden und auch keine Farbenerscheinung auftreten. Wenn wir uns den von *Rayleigh* entwickelten Folgerungen anschließen, so wird die Störung, welche die Partikelchen in den Wellenbewegungen des Äthers hervorrufen, immer geringfügiger werden, je kleiner die Partikel sind, und wir können

es auf diese Weise wenigstens einigermaßen begreifen, daß die erwähnten Kieselgel eine nahezu rein glasige Durchsichtigkeit besitzen. Schon *Frankenheim* hat s. Z. (1851, p. 442) in einer meiner Ansicht nach ganz korrekten Weise gefolgert, daß bei einer gewissen Kleinheit der Partikel eines inhomogenen lichtdurchlässigen Körpers völlige Durchsichtigkeit eintreten müsse. Wenn, folgert er etwa, eine gutpolierte Glas- oder Metallfläche keine Spur von Inhomogenität zeigt, obgleich wir annehmen müssen, daß sie nicht völlig glatt und eben sein kann, sondern nur so kleine Unebenheiten besitzt, daß sie sich weder mikroskopisch noch sonstwie bemerkbar machen, dann dürfen wir auch schließen, daß entsprechend feine Inhomogenitäten bei durchsichtigen Körpern weder sichtbar sind, noch die glasige Durchsichtigkeit der Körper beeinflussen. Wie schon oben hervorgehoben wurde, verlieren die gewöhnlichen Regeln der Brechung und Reflektion des Lichts ihre Gültigkeit, wenn die Größe der Partikel, im Falle der Gel also die Dicke der Gerüstwände, unter eine gewisse Grenze herabgeht. Jedenfalls tritt dieser Fall ein, wenn die Dicke unter eine Wellenlänge herabsinkt, wie mir auch schon durch eigene Überlegung der dann vorliegenden Verhältnisse zweifellos wurde. Auch aus diesem Grunde muß die Möglichkeit der mikroskopischen Wahrnehmung solcher Strukturen mit ihrer Verfeinerung immer geringer werden und schließlich ganz aufhören.

Wesentlich andere werden dagegen die optischen Verhältnisse, wenn wir Suspensionen fester, stark brechender Partikelchen, wie die oben beschriebenen, nicht in einem schwächer brechenden Medium, z. B. in Luft oder Wasser haben, sondern in einem Medium, das einen Brechungsindex besitzt, der dem der Partikelchen nahezu gleich ist. Da in diesem Fall die Reflektion des einfallenden Lichts an den Partikelchen auf ein Minimum herabgesetzt wird, so erscheinen die Suspensionen nun natürlich durchsichtig und nicht trübe. Eine genauere Untersuchung von feinen Pulvern durchsichtiger Körper unter diesen Bedingungen verdanken wir *Christiansen* (1884). Derselbe beobachtete dabei die interessante Erscheinung, daß solche Pulver nicht etwa farblos sind, wie man bei erster Überlegung des Falls wohl anzunehmen geneigt ist, sondern daß sie sowohl im auffallenden als durchfallenden Licht gefärbt erscheinen, insofern die Partikel nicht allzu fein sind. *Christiansen* untersuchte Pulver von Glas, Chlornatrium, Bleinitrat und Bromkalium in einem Gemisch von Benzol (Brech. K. 1,5) und Schwefelkohlenstoff (Br. K. 1,6). Dabei ergab sich, daß Glaspulver in einer gewissen Mischung der beiden Flüssigkeiten grünes Licht durchläßt; bei Zusatz

von etwas mehr Schwefelkohlenstoff dagegen gelbes und schließlich rotes. Die gleichzeitig im auffallenden Licht zu beobachtenden Farben sind stets die komplementären der im durchfallenden auftretenden. Die Erklärung, welche *Christiansen* für diese Erscheinung giebt und die auch *Rayleigh* (1899) acceptiert, ist folgende. Wenn die Brechungskoefficienten der Partikelchen und der Flüssigkeit annähernd gleich sind, so wird dies doch im weißen Licht nur für eine gewisse Lichtsorte streng zutreffen. Wäre dies daher z. B. für die E-Linie der Fall, «so geht grünes Licht ohne Zurückwerfung oder Brechung durch die Mischung von Flüssigkeit und Pulver, die anderen Farben werden teils zurückgeworfen, teils gebrochen». Bei Zusatz von etwas mehr Schwefelkohlenstoff wird das durchfallende Licht rotgelb, dann rot, bei Zusatz von etwas Benzol dagegen erst blau und dann violett. Die Farben des auffallenden Lichts sind dabei, wie gesagt, immer die entsprechenden komplementären. *Christiansen* bemerkt hierüber: «daß die Farben sich in der angegebenen Weise ändern müssen, folgt daraus, daß die angewandte Flüssigkeit ein größeres Farbenzerstreuungsvermögen besitzt als das Pulver».

Daß dies richtig ist, ergiebt die Überlegung, daß wir unter sonst gleichen Bedingungen den Brechungskoefficienten der stärker zerstreuenden Flüssigkeit etwas erhöhen müssen, um den Koefficienten der schwächer brechenden Lichtsorten, also gelb oder rot, mit dem der festen Substanz in Übereinstimmung zu bringen und umgekehrt. Ich habe den Versuch so ausgeführt, daß ich mäßig feines Glaspulver in eine planparallele Cuvette gab (ca. 1 cm Dicke) und es darauf mit einer Mischung von gleichem Volum absolutem Alkohol und Schwefelkohlenstoff tränkte. Dann erscheint das Pulver im durchfallenden Licht schön blau. Setzt man hierauf noch etwas Schwefelkohlenstoff zu, so sammelt sich derselbe, als spezifisch schwerer, allmählich am Boden der Cuvette reichlicher an und man hat dann vom Boden gegen oben eine allmähliche Abnahme des Brechungskoefficienten und dementsprechend eine successive Veränderung der Farbe; unten im durchfallenden Licht schön gelb, in der Mitte grün und oben reines Blau.[1])

---

[1]) Bringt man in die Cuvette einen Satz parallel aufeinandergelagerter Deckgläser von durchschnittlich 0,15 mm Dicke, giebt dann dieselbe Mischung von Schwefelkohlenstoff und Alkohol zu und verfährt weiter in der geschilderten Weise, so lassen sich weder in durchfallendem noch auffallendem Licht Farben wahrnehmen, auch bei relativ sehr schiefer Betrachtung. Nur wenn man stark schief durch den freien, an die Flüssigkeit grenzenden Rand des Satzes sieht, treten die Farben

Führt man denselben Versuch mit den mir zu Gebote stehenden Tabaschirstücken aus, so erhält man ganz ähnliche Ergebnisse. Am besten gelingt der Versuch in der Weise, daß man den Tabaschir zuerst in eine Mischung von Schwefelkohlenstoff und absolutem Alkohol bringt, die etwas stärker brechend ist als die Tabaschirsubstanz. Dann erscheinen die Stücke im durchfallenden Licht schön und rein gelb, bei noch etwas stärkerem Brechungskoefficienten der Zusatzflüssigkeit rot. Läßt man dann die Röhre mit der Flüssigkeit und dem Tabaschir unbedeckt stehen, so verdunstet der Schwefelkohlenstoff an der Oberfläche reichlicher, so daß die Flüssigkeit hier allmählich etwas schwächer lichtbrechend wird als die Tabaschirsubstanz. Letztere erscheint dann schwach, aber deutlich violettblau bis braunviolett, bei noch geringerem Brechungskoefficient der Flüssigkeit. Auf der Übergangszone zwischen den gelben und den bläulichen Tabaschirstücken trat dagegen nie eine grüne Farbe auf, wie sie bei Glaspulver in der Übergangszone so deutlich ist, vielmehr erschienen die Stücke, welche genau in der Übergangszone sich fanden und deren Konturen daher auch fast völlig verschwanden, ganz farblos.

Wenn die Pulver sehr fein sind, so geht, wie *Christiansen* fand, durch eine Schicht von mehreren Millimetern Dicke fast das ganze Spektrum hindurch. «Das Licht geht dann durch diese Mischung wie durch einen optisch-homogenen Körper, man erkennt z. B. die *Frauenhofer*'schen Linien deutlich» (p. 302).

Hierdurch wird es verständlich, daß die in einem Gemisch von Schwefelkohlenstoff und absolutem Alkohol untersuchten Stücke der künstlichen Kieselgel nichts von Farben erkennen lassen. Ihre Partikel, resp. die Wände der Hohlräumchen sind zu fein, um Farben hervorzurufen. Auch diese Erfahrung bestätigt daher den, auf Grund anderer Ergebnisse gezogenen Schluß, daß die Struktur dieser Kieselgel viel feiner ist, als die des untersuchten Tabaschirs. Die Gel verhalten sich also im Sinne *Christiansen*'s wie optisch homogene Körper.

Van Bemmelen hat bei einigen seiner lufttrockenen Gel das Volum der aus einem bestimmten Volum des Gel durch Wasser ausgetriebenen Luft bestimmt und dabei die interessante Thatsache gefunden, daß das Volum der Luft dasjenige der Hohlräumchen um das 2- bis 4fache übertrifft, daß demnach die Luft in dem Gel

deutlich und intensiv hervor, oben blau und unten gelb. Daraus scheint mir hervorzugehen, daß totale Reflektion wesentlich an der Entstehung der lebhaften Farben des Glaspulvers unter den angegebenen Bedingungen beteiligt ist.

2- bis 4fach verdichtet sein muß. (1898, 3. Abh., p. 117.) Hieraus zieht er ferner eine nicht uninteressante Folgerung hinsichtlich des Vorgangs bei dem Austreiben der Luft durch das Wasser. Er ist nämlich geneigt anzunehmen (p. 109), daß die in den Hohlräumchen verdichtete Luft zunächst von dem eindringenden Wasser absorbiert werde und daß die Entwicklung von Luftbläschen an der Oberfläche der imbibierten Stücke erst eine Folge der Diffusion dieser, unter Druck gelösten Luft in das umgebende Wasser sei. Mir scheint diese Ansicht sehr plausibel, namentlich auch deshalb, weil ich bei mikroskopischer Untersuchung gaserfüllter organischer Gallerten bei der Imbibition häufig keinen Austritt von Gas, sondern eine völlige Absorption desselben beobachtete. Auch das Verhalten kleiner Fragmente von kohlensaurem Kalk, z. B. Nadeln der Kalkschwämme, deren Auflösung in verdünnter Salzsäure man unter dem Mikroskop verfolgt, scheint mir für eine derartige Möglichkeit zu sprechen. Auch hierbei bemerkt man nicht etwa das Auftreten zahlreicher minutiöser Bläschen von Kohlensäure, die sich zu größeren vereinigen; sondern periodisch, gewissermaßen stoßweise, bilden sich ganz plötzlich an einer der in Auflösung begriffenen Nadeln ein bis zwei relativ ansehnliche Kohlensäureblasen, die dann abtreiben. Nach kurzer Zeit treten dann ebenso plötzlich neue auf. Auch dieser Vorgang scheint mir darauf hinzuweisen, daß die Kohlensäure erst absorbiert ist und dann periodisch und plötzlich in größeren Mengen frei wird.

Oben (p. 300) wurde der eigentümlichen Erscheinung gedacht, daß beim Eintrocknen der mit Chloroformöl getränkten Tabaschir- oder Gelstücke die ersten Spuren der Gaserfüllung häufig nicht äußerlich, sondern im Innern auftreten. Auch erinnerte ich daran, daß ich Ähnliches schon 1896 beim Austrocknen von Gelatinewürfeln aus Xylol beobachtete. Bei näherer Überlegung scheint es nicht ganz unmöglich, eine Erklärung für dies anscheinend sehr seltsame Verhalten zu finden.

Naturgemäß muß die Austrocknung eines feinwabig strukturierten Körpers auf der Oberfläche beginnen, resp. hier die eigentliche Verdampfung stattfinden. Denken wir uns jedoch den Fall, daß in den oberflächlichen Waben oder Hohlräumchen ein kleines Gas- oder Luftbläschen aufgetreten sei, so muß dies infolge seiner, wegen der Kleinheit des Bläschens sehr großen Oberflächenspannung (Kapillardruck) ein sehr starkes Verkleinerungsstreben besitzen, d. h. es muß die Flüssigkeit aus den inneren Regionen der Wabenmasse herangesaugt werden.

Unter diesen Umständen ist daher ersichtlich, daß es an der Oberfläche überhaupt nicht zur Bildung von Gasbläschen in den Hohlräumchen kommt, sondern die Flüssigkeit, in dem Maße als sie verdunstet, an die Oberfläche gesaugt wird. Daß dies zur Entstehung gaserfüllter Räumchen im Centrum oder Inneren führt, obgleich ja mit deren Auftreten eine Gegenwirkung gegen die Saugkraft der Oberfläche gegeben wird, hängt damit zusammen, daß die Wirkung der Oberfläche wegen ihrer bedeutenden Ausdehnung die des Inneren überwiegt.

Wenn diese Anschauung sich als richtig erwiese, so würde sich aus ihr als Konsequenz ergeben, daß die im Innern zuerst auftretenden Gaserfüllungen nicht Luft sein könnten, sondern Chloroformdampf und daß erst nachträglich, nach völliger Austrocknung, Luft an Stelle dieser Dampferfüllung treten müsse.

Schon 1898 (p. 84, p. 329) hob ich hervor, daß bei der Imbibition des Tabaschirs keine Volumenvergrößerung zu beobachten ist, ebensowenig wie eine Verkleinerung beim Austrocknen. Auch *van Bemmelen* fand nichts derart bei seinen Gel. Ich habe in neuerer Zeit auch die Imbibition des Tabaschirs mit 35°/₀ Kalilauge unter dem Mikroskop verfolgt, dabei jedoch ebensowenig eine Volumzunahme beobachtet. Wurden Tabaschir- oder Gelstückchen mit konzentrierter Lösung von Kupfersulfat oder Chlornatrium getränkt, getrocknet und mit Wasser imbibiert, so zeigten sie ebenfalls keine Veränderung ihres Volumens.

III. Mikrostruktur des Hydrophans von Hubertusburg.

Zur Untersuchung gelangten ein von mir angefertigter feiner Dünnschliff, sowie feine zertrümmerte Fragmente des Hydrophans von Hubertusburg (Sachsen). Ich beschränke mich hier wesentlich auf die Schilderung des in stark erhitztem, geschmolzenem Kanadabalsam, zur möglichsten Verhütung des Luftaustritts, eingebetteten Schliffs. Derselbe zeigt bei Untersuchung mit starken Vergrößerungen den feinwabigen Bau durch die ganze Substanz sehr deutlich, wie Photographie 6 Tafel V (2900) lehrt. Zur Vermeidung von Täuschungen durch die Rauhigkeiten der Schliffflächen, die auch in Kanadabalsam nicht ganz verschwanden, wurde beim Photographieren auf die mittlere Dickenregion des Schliffs eingestellt, wo die Einflüsse der Schliffflächen völlig wegfallen. Wie gesagt, ist die feinwabige Struktur ganz deutlich zu erkennen, läßt sich jedoch auch bei Betrachtung feiner Fragmente in Luft oder Wasser schon wahrnehmen, woraus folgt, daß die Wabenwände

relativ dick sein müssen. Gleichzeitig tritt auf dem Schliff auch eine Gruppierung des Wabenwerks zu ziemlich unregelmäßigen und verschieden großen kügelchenartigen Gebilden hervor, also eine sphärolithische Struktur, wie wir sie bei Opal noch viel deutlicher antreffen werden, weshalb ich mich hier auf die Feststellung der Thatsache beschränke.

Der Hydrophan, welcher, in Wasser getaucht, sich wie der Tabaschir und die lufttrockenen Kieselgel unter Luftaustritt mit Wasser imbibiert und durchsichtiger wird, wurde deshalb manchmal, so von *Haidinger* (1857, p. 176), mit dem Tabaschir direkt identifiziert. Trotz der allgemeinen Ähnlichkeit ergeben sich doch nicht unwesentliche Verschiedenheiten. Nach *Reusch* (1865, p. 436) nimmt der lufttrockene Hydrophan von *Czernewitza* nur 16 % seines Gewichts an Wasser auf, woraus und dem spezifischen Gewicht seiner kieseligen Gerüstsubstanz (nach *Reusch* ibid. 2,158) sich das Volum der Hohlräumchen auf 33,7 % berechnet. *Christiansen* berechnete dies Volum bei dem von ihm untersuchten Hydrophan auf 40 %. Die Wasseraufnahme des Hydrophans ist daher viel geringer als die des Tabaschirs und auch geringer als die der lufttrockenen Kieselgel.[1]) Wenn daher die Hohlräumchen bei der Imbibition wirklich sämtlich mit Wasser gefüllt würden, so wäre ihr Volum viel geringer als beim Tabaschir und den Gel, was ja auch die obigen Berechnungen zeigen. Mir scheint es jedoch recht zweifelhaft, daß bei der Imbibition des Hydrophans eine völlige Erfüllung der Hohlräumchen eintritt. Dies scheint schon deshalb unwahrscheinlich, weil die gleichmäßig durchgehende sichtbare Struktur nach Analogie mit dem Tabaschir für eine bedeutend größere Wasseraufnahme spräche, wenn thatsächlich die Räumchen alle von Wasser erfüllt würden. Dazu gesellen sich die später zu besprechenden Beobachtungen an den Opalen, welche ganz dieselben Strukturen zeigen, aber nur eine sehr geringfügige Wasseraufnahme und keinen Luftaustritt.

Es ist von Interesse, daß *Reusch* beim Austrocknen des imbibierten Hydrophans das vorübergehende Weiß- oder Trübwerden beobachtete (p. 439). «Im Verlaufe der Zeit», sagt er ferner, «wird die Platte dann vom Rande herein, wo die Trübung am stärksten entwickelt ist, mit brauner Farbe wieder durchsichtig, dann in der Mitte, und der übrig bleibende undurchsichtige Ring zerfällt weiterhin in Wolken, die allmäh-

---

[1]) Nach *Klaproth* (siehe *Rammelsberg* 2. Aufl. p. 165) soll der Hydrophan von Hubertusburg im lufttrockenen Zustand 5,25 % Wasser enthalten.

lich verschwinden». Ebenso beobachtete er, daß eine unvollständig imbibierte Stelle trübe bis weiß wird. Hierüber bemerkt er p. 440: «Wird eine trockene Platte benetzt, so geht der bläuliche Ton des Reflexlichts in mehr opakes Weiß über und im durchgelassenen Lichte zeigte sie das gehämmerte ungleichmäßige Ansehen». Bei einer gewissen Platte, die zuerst mit Wasser durchtränkt, darauf herausgenommen und abgetrocknet wurde, bemerkte er regelmäßig folgende Erscheinung: «In der Luft wird sie schnell trübe, aber jetzt in Wasser gebracht, hellt sie sich sehr rasch wieder auf. Nun aus dem Wasser genommen und abgetrocknet, zeigt die Platte nach wenigen Sekunden schöne Dendritengebilde, die zwar bald in der allgemeinen Trübung verschwinden, aber durch Wiedereintauchen in Wasser und Wiederabtrocknen sehr oft hinter einander hervorgerufen werden können» (p. 431 u. 432). Diese Beobachtung erinnert sehr an das oben (p. 300) geschilderte Auftreten dendritischer gaserfüllter dunkler Figuren bei dem Austrocknen der mit Chloroformöl imbibierten Tabaschir- und Gelstücke. Ich glaube auch sicher annehmen zu dürfen, daß die Erscheinung bei dem Hydrophan sich hinsichtlich ihrer Entstehung ganz so verhält, wie bei den ersteren Körpern, d. h., daß sie auf der dendritisch fortschreitenden Gaserfüllung der Hohlräumchen beruht. *Reusch* sucht dagegen die Erscheinung davon herzuleiten, daß beim Vermischen des, in den alkoholhaltigen Hydrophan eingedrungenen Wassers mit dem darin verbliebenen Alkohol eine Kontraktion der Flüssigkeit stattfinde «und die von Flüssigkeit leergelassenen, oder vielmehr mit einem Gemenge von Flüssigkeit, Dampf und Luft erfüllten Hohlräume als Dendriten erscheinen» (p. 444). Immerhin fällt es auf, daß auch ich die Erscheinung bei Tabaschir und dem Gel nur beobachtete, wenn sie mit einem Gemisch von zwei verschieden leicht verdunstenden Flüssigkeiten imbibiert waren.

Die Ansicht, welche *Reusch* über die Ursache des Trüb- und Weißwerdens beim Austrocknen entwickelte, wurde schon oben bei der Erörterung dieser Erscheinung (p. 311) besprochen und gleichzeitig dargelegt, daß ich seine Erklärung nicht für zutreffend erachte.

Hinsichtlich der Hohlräumchen des Hydrophans vertritt *Reusch* die Meinung, daß dieser Körper «aus einer an und für sich durchsichtigen Masse besteht, welche aber von einem System feiner und glatter Sprünge durchsetzt ist». Diese Ansicht vermag ich auf Grund des Beobachteten und Dargelegten nicht zu teilen. Selbst wenn man das Wabensystem auf eine Unzahl sich durchkreuzender feinster Sprünge zurückführen könnte, so widerspräche dieser Auffassung doch völlig

die gleichzeitig ausgeprägte sphärolithische Struktur. Dazu gesellt sich die Erwägung, daß ein Körper, der in solcher Weise überall von einer Unzahl feiner Sprünge durchsetzt wäre, schon bei mäßigem Druck in kleinste Fragmente zerfallen müßte. Dies gilt jedoch für den Hydrophan keineswegs; derselbe splittert vielmehr bei Druck ebenso mit muscheligem Bruch wie die Opale, die Kieselsäuregel und der Tabaschir.

Behrens (1871, p. 523) schreibt dem Hydrophan wegen seiner Imbibitionsfähigkeit und des dabei stattfindenden Luftaustritts eine poröse Beschaffenheit zu. Die Hohlräume müßten untereinander zusammenhängen, eine Schlußfolgerung, der ich nicht unbedingt zustimme. Gesehen hat *Behrens* von diesen Hohlräumchen, resp. der von ihnen verursachten Struktur jedoch nichts. Er bemerkt darüber p. 524: «Man sollte denken, daß Färbeversuche» (s. vorn, Anm. p. 302) «am geeignetsten wären, über die Beschaffenheit und Verteilung der Poren Aufschluß zu geben; sie lehren aber, durch die an reinem Hydrophan (Faröer, Dubnik) auftretende gleichmäßige oder äußerst feingekörnte Färbung, nur, daß dieselben sehr klein und gleichmäßig verteilt sein müssen». Da *Behrens*, wie aus den Bemerkungen auf p. 522 hervorgeht, bestrebt war, die untersuchten Opale möglichst mit Kanadabalsam zu durchtränken, so scheint mir dies hinreichend, um zu erklären, daß er von der Struktur wenig sehen konnte; denn auch die Struktur des Tabaschirs wird, wie wir fanden, bei der Durchtränkung mit Kanadabalsam völlig unsichtbar. Andererseits ist es auch wohl möglich, daß es Hydrophan giebt, dessen Struktur ähnlich der der Gel zu fein ist, um ohne weitere Hülfsmittel wahrgenommen zu werden.

Behrens vertritt ferner, wenn auch bedingt, die Meinung, daß der Hydrophan sich aus dem Opal durch teilweise Auswaschung, d. h. «durch Wegführung eines Teils der Opalsubstanz» gebildet habe. Ich halte diese Meinung für wenig wahrscheinlich. Unter allen mineralischen Kieselsäuren scheint wenigstens der Hydrophan derjenige zu sein, welcher dem Tabaschir und den künstlich hergestellten Kieselgel am nächsten steht. Dies spricht daher wohl auch dafür, daß er eine wenig veränderte natürliche Kieselgallerte ist, nicht dagegen eine solche, die erst wieder aus anderem Opal durch Abänderung entstand.

Hiefür sprechen auch die später zu beschreibenden Versuche über die Veränderungen der Kieselgel bei anhaltendem Glühen, welche zeigen werden, daß dabei Umbildungen auftreten, die bis zu einem ge-

wissen Grad an die Opalstruktur erinnern und daher wohl beweisen, daß die Opale durch gewisse Einflüsse, welche die urspüngliche Kieselgallerte erfuhr, oder durch gewisse gleich bei ihrer Bildung wirksame Bedingungen modifiziert wurden.

IV. Mikrostruktur des Halbopals von Telkebánya (Ungarn).

Dieser gelblich hornartige Opal wurde teils in feinen Splittern, die in der früher beschriebenen Weise dargestellt wurden, teils auch auf einem Dünnschliff untersucht. Aus den früher dargelegten Gründen ziehe ich die Untersuchung feiner Splitter vor. Oben (p. 297) wurde schon erwähnt, daß dieser Opal beim Erhitzen grau bis schwarz wird, also vermutlich etwas organische Substanz enthält. In Wasser oder in verdünntem Alkohol imbibiert er davon allmählich etwas, ohne merklichen Luftaustritt, und wird an dünnen Kanten ziemlich durchsichtig; auch im Innern treten durchsichtigere Bänder oder Züge hervor. Ein Stückchen, das anhaltend mit verdünntem Alkohol gekocht worden war, darauf monatelang in dem Alkohol bei 54° C. gestanden hatte, wurde längere Zeit mit Wasser ausgewaschen, nach dem Abtrocknen des anhängenden Wassers mit Löschpapier gewogen (0,1010) und hierauf bei 100° getrocknet. Es gab dabei 0,0020 Wasser ab (1,9 %). Nach 1½stündigem Glühen hatte es weitere 0,0030 an Gewicht verloren, im Gesamt also 4,8 %. Bei der anscheinend nicht ganz geringfügigen Aufhellung in Wasser ist dieser niedere Wassergehalt etwas überraschend; jedenfalls bestätigt aber auch die mikroskopische Untersuchung, daß Flüssigkeiten nur in geringer Menge in diesen Opal eindringen.

Die mikroskopische Untersuchung ergab nun, daß die feinere Struktur dieses Halbopals im allgemeinen ganz derjenigen entspricht, welche wir schon bei dem Hydrophan gefunden haben. Bei etwas schwächerer Vergrößerung namentlich tritt durch die ganze Opalmasse eine sphärolithische Kügelchenzusammensetzung hervor. Da die Kügelchen ziemlich verschiedene Größe haben und überhaupt wenig regelmäßig sind, so ist das Strukturbild etwas verworren. Dennoch läßt die Photographie Figur 2 Tafel VI (1500) die sphärolithische Bildung genügend hervortreten. Der Durchmesser der größeren Kügelchen beträgt 4—6 μ. Eine Zwischenmasse zwischen den Kügelchen ist jedenfalls nur in sehr geringer Menge vorhanden, nicht reichlicher als bei dem Edelopal, wovon noch die Rede sein wird. Die Untersuchung sehr feiner Splitter bei stärksten Ver-

größerungen ergibt nun auch für den Halbopal, daß derselbe durch und durch die feinwabige Mikrostruktur besitzt, welche wir bei den seither geschilderten Kieselsäuren fanden. Bei so starken Vergrößerungen, wie sie auf den Photographien Figur 1 Tafel VI (3250) und Figur 5 Tafel VII (3250) wiedergegeben sind, ist die sphärolithische Beschaffenheit weniger kenntlich, da sie durch die feineren Struktureinzelheiten des Wabenwerks etwas gestört wird. Dennoch wird man namentlich auf Figur 5 Tafel VII bei a eines der Kügelchen, auf das gerade scharf eingestellt wurde, gut erkennen, auch in der Umgebung weitere, weniger scharf umschriebene bemerken. Ebenso zeigt die Figur 1 Tafel VI solche Kügelchen stellenweise ganz schön. Die genauere Betrachtung beider Photographien lehrt, daß die Kügelchen ebenfalls feinwabig gebaut sind und eine konzentrische bis strahlige Anordnung ihres Wabenwerkes aufweisen. — Oben wurde schon hervorgehoben, das nur wenig Wasser in die wabige Opalsubstanz eindringt, daß daher die gaserfüllten Hohlräumchen auch in Wasser oder anderen Flüssigkeiten gaserfüllt bleiben. Die Folge ist, daß man die geschilderten Strukturen auch an den in Wasser oder verdünntem Kanadabalsam eingelegten Splittern vollkommen deutlich, ja natürlich noch viel deutlicher als bei Betrachtung in Luft wahrnimmt. An solch' feinen Fragmenten überzeugt man sich durch Heben und Senken des Tubus leicht, daß die Hohlräumchen des Wabenwerks viel schwächer lichtbrechend sind als die Gerüstsubstanz, daß sie also nicht von Kanadabalsam erfüllt sein können.

V. Mikrostruktur des Edelopals.

Zur Untersuchung standen mir zur Verfügung kleine Stückchen eines Edelopals von Vörösagas in Ungarn, sowie ein Fragment von unbekanntem Fundort, das sich durch sehr schönes Farbenspiel auszeichnet. Die Stückchen von Vörösagas stammten aus der hiesigen Universitätssammlung und wurden mir durch Herrn Prof. *Rosenbusch* gütigst überlassen; die zweite Probe verdanke ich der Güte des Herrn Prof. *V. Goldschmidt.* Ich muß es als einen glücklichen Zufall bezeichnen, daß mir gerade der edle Opal von Vörösagas in die Hände kam, denn dieser zeigt die feinen Strukturverhältnisse in einer geradezu erstaunlichen Schönheit und Deutlichkeit. Daß das aber keineswegs Regel ist, daß im Gegenteil wohl bei den meisten Edelopalen nur sehr wenig von feinerer Struktur zu erkennen ist, lehrt die zweite Probe. Hieraus erklärt sich die, mir anfänglich kaum begreifliche Thatsache,

daß die früheren Beobachter, so vor allem *Behrens* (1871), den Edelopal völlig strukturlos und homogen fanden. — Die Untersuchung wurde wieder an möglichst feinen Splittern ausgeführt. Da aus dem Edelopal, bei Eintauchen in Flüssigkeiten, keine Luft entweicht und dabei auch keinerlei Aufhellung eintritt, so können die Splitter sofort in flüssigen oder geschmolzenen Kanadabalsam eingebettet werden, ohne Gefahr, daß die Deutlichkeit der Struktur leidet.

Das Bild, welches feine Splitter des Edelopals von Vörösagas schon bei schwacher Vergrößerung bieten, ist überraschend deutlich und regelmäßig. Photographie 5 auf Tafel VI zeigt dies Bild bei 450facher Vergrößerung. Die ganze Masse der Opalsubstanz scheint durchsetzt von dicht und regelmäßig angeordneten feinen dunklen Punkten. An vielen Stellen sind dieselben deutlich in regelmäßigen Parallellinien gereiht, die jedoch an verschiedenen Orten in verschiedener Richtung streichen. Sehr häufig finden sich jedoch auch Stellen mit deutlicher Kreuzung der Reihen, so daß sich schließlich drei Streifensysteme entwickeln, welche sich je unter 60° schneiden. Wie gesagt, ist die Regelmäßigkeit des Bildes häufig sehr bemerkenswert.

Die Untersuchung mit stärkeren Vergrößerungen ergiebt nun, daß die dunklen Punkte von kleinen, ca. 1,7 μ im Durchmesser besitzenden Kügelchen herrühren, die in eine ziemlich spärliche und etwas schwächer brechende Zwischensubstanz dicht und regelmäßig eingelagert sind. Die bei etwas stärkerer Vergrößerung aufgenommenen Photographien Figur 7 und 8 Tafel VII zeigen dies sehr gut. Doch ist hier die Einstellung so gewählt, daß die Kügelchen hoch eingestellt sind und daher hell erscheinen, die schwächer brechende Zwischensubstanz dagegen dunkel. Bei solch' mittleren Vergrößerungen ist das Strukturbild bei hoher Einstellung im allgemeinen deutlicher als bei tiefer. Auf der bei 3400facher Vergrößerung dargestellten Photographie 6 Tafel VI traten dagegen die sphärolithischen Kügelchen bei tiefer Einstellung richtig dunkel hervor, die Zwischenmasse dagegen hell, also weniger stark lichtbrechend. Photographie 7 Tafel VI hingegen zeigt die Kügelchen bei der gleichen Vergrößerung und sehr wenig tiefer, recht exakter Einstellung und läßt daher den Unterschied ihrer Lichtbrechung von der Zwischensubstanz nur wenig hervortreten.

Die bei sehr starken Vergrößerungen aufgenommenen Photographien gewähren gleichzeitig Aufschluß über die Beschaffenheit der Kügelchen und der sie verbindenden Zwischensubstanz. Wie die genauere Betrachtung lehrt, sind beide feinwabig strukturiert. Die

Kügelchen zeigen im allgemeinen durchaus den Bau kleinster Sphärokrystalle, welche aus konzentrisch, bis etwas strahlig um das Centrum geordneten Waben bestehen. Bei der geringen Größe der Kügelchen sind es nur sehr wenige konzentrische Wabenschichten, die ein Kügelchen zusammensetzen; man zählt deren höchstens 3 bis 4. Dies stimmt auch ziemlich gut mit der Größe der Waben überein, wie sie nach den Photographien festzustellen ist; dieselbe beträgt nämlich nur ca. 0,48 μ, so daß auf den Durchmesser eines Kügelchens nur 3—4 solcher Waben kommen können. Die sogenannte Zwischenmasse ist von den Kügelchen keineswegs scharf geschieden, sondern nur der sie verbindende Teil der allgemeinen wabig strukturierten Opalsubstanz, in welcher die Hohlräumchen ganz wenig weiter sind, und welche daher in ihrer Gesamtheit etwas schwächer lichtbrechend ist als die Kügelchen mit ihren etwas feineren Hohlräumchen. Im ganzen müssen wir uns die Bauverhältnisse eigentlich so vorstellen, daß sich in einer wabigen Substanz in regelmäßigen Entfernungen Centren gebildet haben, um die eine reguläre sphärolithisch-wabige Anordnung der Masse stattgefunden hat. Die Grenzgebiete dieser sphärolithischen Kügelchen bilden die Zwischenmasse und zeichnen sich durch etwas weitere Hohlräumchen aus. Im allgemeinen entspricht daher die Struktur dieses Edelopals von Vörösagas vollkommen derjenigen des Hydrophans und des Halbopals, mit dem Unterschied, daß die Wabenstruktur viel feiner, die sphärolithischen Kügelchen ungemein regelmäßig angeordnet und von sehr genau übereinstimmender Größe sind. Die Regelmäßigkeit ihrer Anordnung ist jedenfalls eine direkte Folge der gleichmäßigen Größe und dichten Zusammenordnung. Wenn wir uns gleichgroße Kügelchen dichtest zusammengelagert denken, so werden sie sich in Ebenen ordnen, die sich in 4 Richtungen, parallel den 4 Flächen eines regulären Tetraëders, schneiden, also unter Winkeln von 70° 31′ 43,6″. Sieht man senkrecht auf die Richtung einer dieser Flächen, so werden die Kügelchen regelmäßig alternierend angeordnet sein, d. h. in 3 Richtungen, welche sich unter 60° schneiden. Hierauf beruht es, daß man namentlich bei Untersuchung mit schwachen Vergrößerungen so häufig regelmäßige Kreuzstreifungen in 3 Richtungen beobachtet. Ein weiterer Umstand, der die Kreuzstreifung bei schwacher Vergrößerung häufig noch viel deutlicher hervortreten läßt, beruht auf der leichten Entstehung der sogenannten falschen Netzbilder, die ich 1892 (p. 136) und eingehender 1898 (p. 20) schilderte. Da die Kügelchen etwas stärker lichtbrechend sind als die Zwischensubstanz, so werden bei ein wenig tiefer Einstellung dunkle Ver-

bindungen zwischen ihnen hervortreten, die in den 3 sich unter 60° kreuzenden Richtungen verlaufen, in welchen auch die Kügelchen geordnet sind. Auf Photographie 6 Tafel VI sind solche falsche Netzbildungen bei sehr starker Vergrößerung angedeutet. Bei schwächerer Vergrößerung, wo die Details der Struktur wegfallen, tritt das falsche Netzbild dagegen noch deutlicher hervor, bei genügend tiefer Einstellung und hinreichend verengter Blende. Übrigens ist die Regelmäßigkeit der Kügelchen-Anordnung auch keine absolute; denn es machen sich hie und da Veränderungen deutlich bemerkbar, die wesentlich darauf beruhen, daß bald die eine, bald die andere Streifungsrichtung schärfer oder allein hervortritt. Diese Erscheinung läßt sich ja unschwierig auf geringe Störungen bei der Entstehung zurückführen, durch sich geltend machende Zugwirkungen oder dergleichen.

Eine Struktur wie die ebengeschilderte des Edelopals von Vörösagas ist nicht sehr auffallend, da sich ähnliche Bildungen bei organischen kolloidalen Körpern, die zu sphärokrystallinischer Bildung neigen, nicht selten erzielen lassen. So habe ich 1893 und später genauer 1898 (p. 239 ff.) geschildert, daß Stärkelösungen beim Eindampfen eine oberflächliche Haut bilden, die in ihrem tieferen Teil aus lauter solch' wabigen, dichtgelagerten Kügelchen besteht, wie sie die Opalmasse zusammensetzen; auch sind diese Kügelchen in ähnlicher Weise durch wabige Zwischensubstanz vereinigt. Beim Eintrocknen von Lösungen der Cellulose in Kupferoxydammon erhält man nicht selten Häute, die aus dicht zusammengelagerten sehr kleinen Sphären bestehen (1898, pg. 189 ff.).

Wenden wir uns jetzt zur Betrachtung des anderen, sehr farbenschönen Edelopals, dessen Fundort leider unbekannt ist. Die dünnen Splitter desselben scheinen bei Betrachtung mit mäßig starken Vergrößerungen ganz homogen, ohne jegliche Struktur. Untersucht man jedoch sehr dünne Fragmente mit stärksten Vergrößerungen und sehr sorgfältig regulierter Beleuchtung, d. h. mit möglichst verengter Blende und sehr starker Lichtquelle, so überzeugt man sich doch, daß keine Homogenität besteht, sondern daß eine sehr feine blasse Struktur vorhanden ist, welche im Prinzip derjenigen zu entsprechen scheint, die der Edelopal von Vörösagas zeigte. Nur ist der Wabenbau noch feiner und daher viel blässer, als es bei letzterem der Fall war. Trotz mehrfacher Bemühung gelang es mir daher auch nicht, eine genügende Mikrophotographie dieser äußerst feinen und blassen Struktur aufzunehmen. Was ich davon auf Photographie 3 Tafel VII zu bieten vermag, ist ungenügend und giebt nur die Über-

zeugung, daß auch bei diesem Opal eine sehr feinwabige Struktur vorhanden ist; dagegen tritt der sphärolithische Aufbau wenig deutlich hervor, obgleich auch Stellen sich finden, wo er einigermaßen angedeutet ist. Bei direkter Untersuchung überzeugte ich mich, daß auch hier ein feinsphärolithischer Bau existiert, in ähnlicher Weise wie bei dem Opal von Vörösagas, doch, wie es scheint, weniger regelmäßig als bei diesem und die Kügelchen womöglich noch feiner und weniger scharf unterschieden von der Zwischensubstanz. Auf der Photographie ist davon leider nur sehr wenig zu sehen. Die etwas größeren rundlichen hellen Flecken, die man auf der Figur vielfach bemerkt, halte ich für solche sphärolithische Gebilde, deren sehr feine Wabenstruktur nur hie und da angedeutet ist. Aus allem muß jedoch hervorgehen, daß eine so deutliche und regelmäßige sphärolithische Struktur wie bei dem Edelopal von Vörösagas hier nicht wohl bestehen kann; denn diese ist ja selbst bei schwachen Vergrößerungen wegen des verschiedenen Brechungsvermögens der Kügelchen und der Zwischensubstanz gut zu erkennen. Daß jedoch in der That auch dem letztbeschriebenen Edelopal eine solch' feine Wabenstruktur zu Grunde liegt, kann man noch durch eine weitere Beobachtung wesentlich unterstützen. Erhitzt man ein kleines Stückchen über der Flamme, so wird der Opal rasch weißlich und trübe, ohne aber das Farbenspiel zu verlieren. Die Untersuchung feiner Fragmente des so veränderten Opals ergiebt, daß sich in der durchsichtiger gebliebenen Grundmasse viele opakere, undurchsichtigere Stellen gebildet haben, die jedoch nicht scharf umgrenzt sind, sondern allmählich in die durchsichtigere Grundmasse übergehen. Die genauere Untersuchung dieser größeren oder auch ganz minimalen undurchsichtigeren Bezirke lehrt nun, daß sie deutlich wabig strukturiert sind und zwar gröber wabig als die durchsichtigere Grundsubstanz. Photographie 8 Tafel V zeigt ein sehr dünnes Fragment, dessen mittlere Partie derart verändert ist; sie ist nämlich dunkler, gröberwabig und jedenfalls auch mit dickeren Gerüstwänden versehen. Die peripherische Partie zeigt dagegen die feinere und viel blässere Wabenstruktur der Grundmasse. Speziell oben ist dies deutlich zu sehen, wogegen unten und rechts die Einstellung nicht richtig ist (zu hoch), da der Splitter hier schief nach unten abbiegt. Von sphärolithischer Bildung war an den erhitzten Fragmenten nichts zu erkennen, und da die Grundmasse den Wabenbau, wenn auch fein und blaß, so doch viel deutlicher zeigte als der ursprüngliche nicht erhitzte Opal, so bin ich der Meinung, daß auch die Grundsubstanz des erhitzten nicht mehr

die ursprüngliche Struktur aufweist, sondern schon wesentlich verändert ist.

Auf eine Erörterung dieser, durch mäßige Erhitzung an dem edlen Opal hervorgerufenen Strukturänderung will ich hier nicht eingehen, da wir im folgenden Abschnitt die in mancher Hinsicht ähnlichen Veränderungen besprechen werden, welche die Kieselsäuregel bei anhaltendem Glühen erfahren.

1845 hat *Brewster* die eigentümlichen optischen Eigenschaften des Edelopals in einer ganz kurzen Mitteilung auf regelmäßig geordnete Poren oder Hohlräumchen in der Substanz zurückzuführen gesucht. Da diese Angabe, wie gesagt, nur eine kurze Notiz ist, so glaube ich sie hier in extenso anführen zu dürfen, um so mehr, als sie wenig bekannt zu sein scheint. So wird z. B. bei *Behrens*, der *Brewster* entgegentritt, weder Titel noch Ort der *Brewster*'schen Mitteilung citiert, ebensowenig der Inhalt genauer erörtert (p. 536). Wahrscheinlich dürfte *Behrens* daher das Original gar nicht gekannt haben. Das Wesentliche der Notiz lautet in Übersetzung folgendermaßen: «Gewisse Mineralogen haben in der That angegeben, die Farben seien diejenigen dünner Plättchen von Luft, welche die Spalten oder Sprünge (cracks) erfüllen; doch ist dies eine bloße Annahme, welche durch die Thatsache widerlegt wird, daß solche Spalten von den Steinschleifern während des Schneidens, Schleifens und Polierens niemals gefunden wurden. Sir *David Brewster* fand nun, indem er gewisse Sorten (specimens) des edlen Opals mit einem starken (powerful) Mikroskop untersuchte und die Erscheinungen mit denen des Hydrophans verglich, daß die farbengebenden Ebenen oder Flecken aus in parallelen Linien geordneten Poren oder Hohlräumchen (vacuities) bestehen und daß verschiedene solche Ebenen so zu einander geordnet sind, daß sie einen Raum von 3 Dimensionen einnehmen. Diese Poren zeigen manchmal eine krystallinische Anordnung wie die Linien in Saphir, Kalkspath und anderen Körpern und wurden zweifellos durch Hitze erzeugt, während der Umbildung des Quarzes zu Opal unter den eigentümlichen Bedingungen der Opalbildung. In gewissen Sorten des gewöhnlichen Opals erscheint die Struktur so, als wäre sie durch Kneten des Quarzes in teigigem Zustand hervorgerufen. Die verschiedenen Farben rühren von der verschiedenen Größe und Dicke der Poren her; die Farben sind im allgemeinen in parallelen Bändern geordnet und variieren mit der Schiefe, unter welcher sie gesehen werden.»

Aus diesen Angaben *Brewster*'s scheint mir sicher zu folgen, daß er eine ähnliche Form des Edelopals untersucht hat, wie ich sie in

dem von Vörösagas beobachtete. Die regelmäßige Anordnung der sogenannten Poren, sowie die Angabe, daß letztere in Ebenen nach den 3 Richtungen des Raumes geordnet seien, scheinen in dieser Hinsicht recht überzeugend. Ebenso klar dürfte jedoch auch sein, daß *Brewster* mit seinem «powerful microscope» nicht die eigentlichen Poren gesehen hat, sondern nur die feinen, selbst porösen sphärolithischen Kügelchen, die ja bei hoher Einstellung und mäßiger Vergrößerung durchaus wie Poren in einem zarten dunklen Gerüstwerk erscheinen. *Brewster* beurteilte die Sachlage daher, aller Wahrscheinlichkeit nach, auch umgekehrt, wie sie eigentlich liegt; da ja die sphärolithischen Kügelchen etwas stärker lichtbrechend sind als die Zwischenmasse und nicht schwächer, wie er jedenfalls meinte.

Behrens (1871) vermochte weder an den Edelopalen, noch bei Glasopal, Feueropal und Hyalith eine Struktur zu beobachten; sie sind nach ihm wesentlich homogen. Im Besonderen wendet er sich gegen die *Brewster*'sche Angabe (p. 536). Er schätzt die *Brewster*schen Hohlräume auf 0,3 μ, wenn sie grüne Interferenzfarbe (II. Ordnung) geben sollten und ist der Meinung, daß er Libellen in den Flüssigkeitsporen des Quarzes, die nicht über 0,2 μ im Durchmesser haben könnten, mit seinem Mikroskop noch wahrnehme. Er habe daher auch die Poren des Opals sehen müssen, wenn sie wirklich existierten.

Nach dem oben p. 329 Mitgeteilten muß ich den mittleren Durchmesser der Poren des Opals von Vörösagas sogar noch höher, auf ca. 0,48 μ schätzen. Ob *Behrens* jedoch mit seinem Mikroskop dieselben deutlich hätte beobachten können, scheint mir nicht ganz sicher. Leider fehlt bei ihm eine Angabe über das benutzte Mikroskop und die Systeme. Wie ich jedoch schon oben betonte, lagen *Behrens* zweifellos keine solchen Edelopale vor, die die Struktur mit der Deutlichkeit desjenigen von Vörösagas zeigten, sondern nur solche, wie der zweite, den ich untersuchte und dessen Struktur so fein und blaß ist, daß es auch mit Zeiß Apochrom. 2 mm und Ok. 18 große Aufmerksamkeit und Anstrengung erfordert, um sie zu erkennen. Da nun *Behrens* im Jahre 1871 vermutlich nur eine Wasserimmersion zu Gebote stand, so halte ich es für sehr begreiflich, daß er die Struktur nicht erkannte.

Sphärolithische Bildungen und Einschlüsse hat *Behrens* in vielen Opalen und Chalcedonen beobachtet. Sie bestehen nach ihm teils aus Quarz oder Tridymit, teils aus Opalmasse; z. T. werden sie jedoch auch gleichzeitig von verschiedenen Bestandteilen gebildet, so von

Hydrophan, Chalcedon und Opalmasse. — Die meisten dieser Sphärolithe waren doppelbrechend und zwar positiv oder negativ. Soweit ich zu sehen vermag, handelt es sich in diesen sphärolithischen Einschlüssen in der Regel um ansehnlichere Gebilde, die zerstreut in der Grundmasse auftreten, dieselbe nicht etwa dicht und gleichmäßig erfüllen. Ich bin daher auch der Meinung, daß wenigstens die allermeisten dieser Sphärolithe nichts mit der durchgehenden sphärolithischen Struktur zu thun haben, die ich im Edelopal von Vörösagas, dem Halbopal von Telkebánya und dem Hydrophan vom Hubertusburg beobachtete. In dieser Ansicht werde ich noch deshalb bestärkt, weil die von mir in diesen Opalen gefundenen Sphären nie etwas von Kreuzen zwischen gekreuzten Nicols zeigten, auch bei Anwendung der stärksten Vergrößerungen. Dagegen erweisen sich alle 3 Opale in ihrer Gesamtmasse deutlich doppelbrechend, wie dies ja auch bei einer feinwabigen, gaserfüllten Struktur nicht anders sein kann. *Behrens* bemerkt (p. 521), daß die farblose Grundmasse der Opalgesteine (die sogenannte Opalmasse) isotrop sei; nur Sprünge zeigten eine matte Helligkeit[1]). Dagegen wird für die Edelopale auf p. 539 angegeben, daß sämtliche untersuchten doppelbrechend waren uud zwar stärker als Glimmer und Hyalith, und zwar verhielten sich die Edelopale optisch zweiaxig. *M. Schultze* (1863, p. 16) fand dagegen eigentümlicher Weise die «Opale, namentlich die durchsichtigen edlen und die Feueropale, wie auch *Ehrenberg* schon beobachtete, vollständig frei von der Erscheinung der Doppelbrechung». Dagegen bestätigte *Schultze* die von *Moigno* und *Ehrenberg* beobachtete Doppelbrechung des Hyaliths und suchte eine Erklärung dafür in der deutlichen Schichtung des Hyalithes und anderer geschichteter Kieselgebilde, indem die successive gebildeten und austrocknenden Lamellen dabei eine Zugspannung in ihrer Fläche erlitten und deshalb negativ doppelbrechend würden[2]). *Behrens* hat diese Erklärung *Schultze*'s mißverstanden, ver-

---

[1]) Auch auf p. 562 wird angegeben, daß die Mehrzahl der Opale nur Spuren von Polarisationswirkung zeige.

[2]) Es möge hier erwähnt werden, daß sich in der allgemeinen Erörterung *Schultze*'s über die durch Druck hervorgerufene Doppelbrechung ein Versehen findet. Auf p. 19 heißt es nämlich: «Eine Glaskugel, welche von außen gedrückt wird, verhält sich negativ doppelbrechend, eine Hohlkugel, welche von innen einen Druck erleidet, ist positiv». Letzteres ist nun unrichtig, denn eine solche Glaskugel wird ebenso negativ doppelbrechend wie die erstere. Positiv wird die Glaskugel, wenn sie einer zum Centrum gerichteten Zugwirkung unterliegt, also z. B. eine äußerlich erhitzte Glaskugel.

mutlich aus Unbekanntschaft mit der Originalarbeit, die nicht citiert wird. Er nimmt nämlich an, daß *Schultze* den Grund der Doppelbrechung nur in dem lamellar geschichteten Bau suche. *Behrens* kommt dann durch Untersuchung der Doppelbrechung des Hyaliths und durch Beobachtungen über die an Kügelchen isotroper Substanzen durch Druck hervorgerufene Doppelbrechung auf dieselbe Erklärung, welche schon *Schultze* gegeben hatte.[1])

Jn der Arbeit von 1871 suchte *Behrens* die bedingende Ursache für das Farbenspiel der Edelopale in spiegelnden Lamellen, resp. dünnen eingelagerten Blättchen, welche Interferenzfarben erzeugen. Auf Grund genauerer spektroskopischer Untersuchungen des reflektierten und durchgehenden Lichtes gewisser Edelopale gab er jedoch 1873 diese Ansicht auf. Er fand nämlich, daß das reflektierte grüne Licht nahezu oder völlig monochromatisch ist, indem es bei spektroskopischer Untersuchung nur eine bis wenige scharfe Spektrallinien aufweist. Im durchfallenden Licht erscheinen dieselben Linien dunkel im sonst kontinuierlichen Spektrum. Hieraus schließt *Behrens*, daß es sich bei dem Edelopal nicht um Interferenz-, sondern um Reflektions- oder Oberflächenfarben handle. Auch mir scheint dieser Schluß durchaus gerechtfertigt. Da jedoch der Opal an und für sich jedenfalls farblos ist, so kann es sich nur um die Oberflächenfarben eines sonst farblosen Körpers handeln. Inwiefern die nachgewiesene Mikrostruktur, wie sehr wahrscheinlich, bei der Entstehung des Farbenspiels beteiligt ist, muß ich, als außer dem Bereich meiner Kenntnisse stehend, den Physikern von Fach überlassen. Hervorheben möchte ich nur, daß es mir scheint, als wenn totale Reflektion bei der Entstehung der Opalfarben wesentlich beteiligt wäre.

VI. Veränderung der Kieselsäuregel beim Glühen.

Van Bemmelen (s. I, p. 296 und III, p. 122 ff.) hat die interessante Beobachtung gemacht, daß durch Glühen die Aufnahmefähigkeit der Gel für Wasser und ebenso die Abgabe von Luft bei der Tränkung in Wasser sehr wesentlich beeinträchtigt wird. Schon

[1]) Bei Erwähnung der Schichtung des Hyaliths möchte ich bemerken, daß dieselbe bei einem von mir untersuchten nur sehr blaß und schwierig wahrzunehmen war. Wurde der Hyalith jedoch einige Zeit geglüht, wobei er etwas trübe und rissig wurde, so trat die äußerst feine Schichtung an Fragmenten mit einer geradezu erstaunlichen Deutlichkeit hervor. Gleichzeitig zeigten solche Fragmente sehr schöne Farben.

ganz kurzes Glühen der lufttrockenen Gel bewirkt eine merkbare Verminderung der Wasseraufnahme bei der Imbibition und des Luftaustritts. Bei fortgesetztem Glühen wird die Luftentwickelung beim Eintauchen in Wasser und dementsprechend auch die Aufnahme von Wasser immer geringer, ja gewisse Gel zeigten schon nach 10—15 Minuten langem Glühen völligen Verlust dieser Eigenschaften. Andere dagegen erwiesen sich in dieser Hinsicht viel widerstandsfähiger; «wurden sie jedoch in einem Hempelofen stärker geglüht, dann waren bei allen bald die Poren und das Absorptionsvermögen ganz verschwunden».

Aus der letzten Bemerkung *van Bemmelen*'s geht hervor, daß er diese Veränderung der Gel durch Schwinden der Poren bewirkt denkt. Dies wird auch noch mehrfach betont, ohne jedoch durch mikroskopische Untersuchung oder durch Bestimmung des spezifischen Gewichts, resp. des Volums, vor und nach dem Glühen erwiesen zu werden. Denn wenn die Porenräume, die, wie oben dargelegt, bis über 50% des Volums betragen können, verschwinden, so muß dies von einer sehr erheblichen Volumabnahme begleitet sein. — Es schien mir angezeigt, diese eigentümliche Veränderung der Gel auch mit dem Mikroskop ein wenig zu prüfen. Dabei ergab sich denn bald die interessante Thatsache, daß die Verhältnisse keineswegs so liegen, wie *van Bemmelen* annahm, sondern daß im Gegenteil das Glühen eine Verdeutlichung der Hohlräumchen bewirkt. Jedenfalls bietet sich hier und bei ähnlichen Gallerten ein Gebiet für interessante Untersuchungen dar, das ich jedoch nur flüchtig betrat; um so mehr, als meine sonstigen Berufsarbeiten mir nicht gestatten, mich diesen Beobachtungen, so interessant sie sind, dauernder zu widmen.

1. Wurde der von mir 1893 dargestellte Gel im Platintiegel über einem einfachen Bunsenbrenner 4 h stark geglüht, so war das Stückchen völlig kreideweiß und seine Oberfläche etwas glänzend geworden. Beim Eintauchen in Wasser oder verdünnten Alkohol traten nur noch Spuren von Luft aus und selbst tagelanges Liegen in verdünntem Alkohol rief keine Aufhellung hervor. Ebenso zeigte sich bei der mikroskopischen Untersuchung, daß verdünnter Kanadabalsam nicht eindrang. Eine merkbare Volumveränderung hatte das geglühte Stück nicht erfahren.

Ein höchst interessantes Bild ergab die mikroskopische Untersuchung. Während der ursprüngliche Gel, wie oben geschildert wurde, weder bei Untersuchung in Luft noch in Wasser oder Kanadabalsam eine erkennbare Struktur zeigt, bietet der geglühte unter diesen

Bedingungen einen prächtig wabigen Bau dar. Und was noch interessanter, seine Struktur ist nicht nur wabenartig, sondern durch und durch sphärolithisch-wabig; sie gleicht daher auffallend dem Strukturbild, dem wir im Hydrophan und Halbopal begegneten. Von der angegebenen Beschaffenheit werden die Mikrophotographien Figur 4, Tafel VI und Figur 9, Tafel VII eine genügende Vorstellung geben. Beide stellen dünne, in flüssigem Kanadabalsam eingebettete Splitter dar und zeigen, in einer wabigen Grundmasse eingelagert, zahlreiche kugelige, mäßig große Sphärengebilde von gleichfalls wabiger Struktur. Diese Sphären brachen das Licht teils etwas stärker als die Grundsubstanz, häufiger dagegen etwas schwächer. Dies hängt eben von ihrem Wabenbau ab; ist derselbe etwas feiner als der der Grundsubstanz, so sind sie stärker lichtbrechend als diese, ist er etwas gröber, so brechen sie schwächer. Im Centrum der Sphären tritt häufig ein Centralpunkt des Maschenwerks hervor; ebenso ist eine konzentrische Anordnung der Waben nicht selten klar zu erkennen. Im allgemeinen gleichen die Sphärengebilde durchaus jenen, die ich 1898 z. B. vom Inulin schilderte und auf Tafel 24, Figur 1 bei starker Vergrößerung abbildete.

Zuweilen ist die äußere Zone eines solchen Sphäriten auch dichter und nahezu homogen, oder man kann in der wabigen Grundmasse auch maschige Züge solch' dichterer, mehr homogener Substanz verfolgen. Letztere Erscheinung dürfte sich wohl derart auffassen lassen, daß die, von jenen dichteren Zügen eingeschlossenen gröberwabigen Partien unregelmäßige Sphäriten sind.

2. Der Kieselgel No. 93 von *van Bemmelen* wurde in gleicher Weise 4 h geglüht und zeigte dann auf der Oberfläche eine mäßig dicke, weiße Rinde, wogegen das Innere durchsichtig und wenig verändert erschien. Dies wurde durch Eintauchen in Wasser insofern bestätigt, als sich das Innere unter reichlichem Luftaustritt stark imbibierte und durchsichtig wurde. Die äußere Rinde dagegen blieb weiß und ist jedenfalls für Wasser und Kanadabalsam nur teilweise durchdringlich. Die mikroskopische Untersuchung ergab nun, daß die Rinde aus lauter polygonal zusammengefügten, jedoch etwas unregelmäßigen Gebilden besteht, die nichts anderes als etwas unregelmäßige, wabig gebaute, polygonal zusammenstoßende Sphärolithen sind. Interessanter Weise lassen sich aber auch in der inneren Substanz, die keine Wabenstruktur zeigt, solch' polygonale Grenzen beobachten; hie und da bemerkt man in der inneren Substanz jedoch auch deutliche kleine, häufig auch zusammengesetzte Sphären von homogen

scheinendem Bau. — Das etwas verschiedene Verhalten dieser beiden Gel beim Glühen ließ mich vermuten, daß ein geringer Gehalt von Natriumkarbonat oder Natriumchlorid, der meinem Gel von 1893 wahrscheinlich anhaftete, die Ursache der Verschiedenheit sei. Deshalb wurde dieser Gel anhaltend mit warmem Wasser ausgewaschen und darauf ein Stückchen wieder 4 h geglüht. Nun zeigte sich in der That, daß er viel weniger weiß geworden war; er besaß wie der geglühte Gel No. 93 nur eine weiße Rinde, während das Innere durchsichtig und für Wasser durchdringlich geblieben war.

3. Diese Erfahrungen hatten also darauf hingewiesen, daß eine geringe Beimischung von Natriumkarbonat oder -chlorid die Veränderung der Gel begünstigt. Deshalb wurde eines der sorgfältig ausgewaschenen Gelstücke von 1893 mit einer 5%igen Lösung von Natriumkarbonat imbibiert, getrocknet und dann 4 h geglüht. Dabei blieb es ziemlich durchsichtig, schwach opalescierend, ja erinnerte etwas an Edelopal, da ein blaugrünes Farbenspiel stellenweise, wenn auch nur schwach hervortrat. Im durchfallenden Licht erwies sich das Stückchen bräunlich bis auf einzelne oberflächliche rindenartige Stellen, die ganz dunkel waren. Bei Zusatz von Wasser wurde es unter Luftaustritt völlig durchsichtig bis auf jene letzterwähnten Stellen, in welche das Wasser nicht eindrang. — Die mikroskopische Untersuchung der weißen Rindenpartien ergab wieder ihre Bildung aus ganz besonders schönen und ansehnlichen Sphärokrystallen. Dieselben sind teils flach scheibenartig, teils springen sie halbkugelig gegen das Innere vor. Ihr Bau ist ausgezeichnet schön strahlig bis konzentrisch, wie die auf den Photographien Tafel VII Figur 1, 2 und 4 abgebildeten Bruchstücke solcher Sphären lehren. An einer und derselben Sphäre wechselt der Bau in den verschiedenen aufeinanderfolgenden Zonen häufig; die einen sind reiner strahlig, die anderen sehr ausgesprochen konzentrisch, so daß solche Sphären treffliche Beispiele für den allmählichen Übergang der beiden Bauweisen geben und gleichzeitig bestätigen, daß dieselben nur Modifikationen eines einheitlichen Grundbaues sind. Dieser Grundbau ist nun auch hier der wabige, wie ich ihn 1898 für zahlreiche Sphären nachzuweisen suchte. Wie oben schon angegeben wurde, ist die Masse der Sphären für Wasser großenteils nicht durchdringlich, d. h. die meisten der Wabenräume bleiben beim Eintauchen in Wasser oder flüssigen Kanadabalsam lufterfüllt. Doch gilt dies nur für einen Teil des Wabenwerks; es finden sich auch Partien der Sphären, in welche die Flüssigkeit reichlich eindringt. Dabei ergiebt sich, daß die Kiesel-

substanz des Gerüstwerks schwächer lichtbrechend ist als der Kanadabalsam, daß also eine relativ schwach brechende Kieselsäure vorliegt, ähnlich wie dies auch für die Kieselsäure der Spongiennadeln und der Radiolarienskelete gilt, die beide gleichfalls schwächer brechen als Kanadabalsam. Der mittlere Brechungskoefficient des Kanadabalsams beträgt 1,535, der von Quarz (für den ordentlichen Strahl) 1,54417, der von Tabaschir nach *Brewster* 1,500 (1819, p. 428). Demnach dürfte denn auch der Brechungskoefficient des Gerüstwerks dieser Sphärokrystalle sich etwa wie der des Tabaschirgerüstwerks verhalten. Schon der Anblick der auf den Figuren 1 und 2 abgebildeten feinen und flachen Bruchstücke der schönen Sphären zeigt deren wabig strukturierten Bau sehr gut, ähnlich dem vieler Inulinsphären. Auch läßt sich deutlich verfolgen, daß der ausgesprochen konzentrische Bau der Figur 2 und der mehr strahlige von Figur 1 nur von Modifikationen in der Anordnung des Wabengerüstes herrühren. Ebenso ist die Übereinstimmung mit den Bauverhältnissen vieler Stärkekörner eine sehr weitgehende. Die äußerste Zone beider Sphären wird von einem mehr unregelmäßigen Wabenwerk gebildet, in welchem die konzentrische Anordnung ganz zurücktritt, die strahlige dagegen etwas weniger. Gleichzeitig ergiebt aber die sorgfältige Betrachtung der Figuren, daß der scheinbar ziemlich grobe Wabenbau nicht die letzte und feinste sichtbare Struktur darstellt, daß vielmehr die gröberen konzentrischen und radiären Bälkchen selbst wieder aus feineren Waben zusammengesetzt sind. Besonders die genauere Betrachtung der Photographie 2 Tafel VII giebt an einer Anzahl Stellen hierfür überzeugende Belege. Auch die gröberen Hohlräumchen der hellen konzentrischen Schichten ergeben sich bei genauerer Besichtigung häufig noch als von feineren Wänden durchzogen. Es zeigt sich demnach auch hier wieder die schon 1898 und auch in meiner Arbeit von 1900 über den Schwefel vielfach hervorgehobene Erscheinung, daß die Abwechslung hellerer und dunklerer schmaler Schichten, wie sie Figur 2 Tafel VII so schön zeigt, im allgemeinen darauf beruht, daß dünne Schichten mit feineren Hohlräumchen und dickeren Gerüstwänden mit solchen abwechseln, die aus etwas gröberen Hohlräumchen mit dünneren Wänden bestehen. Wird eine Struktur, wie sie Figur 2 Tafel VII zeigt, nicht ganz scharf, sondern ein wenig zu tief eingestellt, so verschwinden die feineren Hohlräumchen der dichteren Partien in dem Bild zweiter Tiefe (s. hierüber 1898, p. 23) und die Struktur erscheint dann viel grobwabiger und einfacher, als sie eigentlich ist.

Daß die reinstrahlige Ausbildungsweise, wie sie Figur 1 Tafel VII

darstellt, nur eine Modifikation des Baues ist, dürfte sich aus dem Übergang in das äußere unregelmäßigere Wabenwerk deutlich ergeben. Daraus folgt, daß auch die strahligen Hohlräumchen zwischen den Radiärbälkchen nicht ununterbrochene sind, sondern durch quere Lamellen in untergeordnete Räumchen zerlegt werden, was ja auch die Photographie deutlich erkennen läßt. Wenn jedoch, wie es zuweilen vorkommt, in solchen Partien einzelne der strahligen Hohlräumchen mit Luft erfüllt sind, so erhält man häufig den Eindruck, als wenn es sich um zusammenhängende lufterfüllte Kanälchen handelte. In den meisten Fällen dürfte dies jedoch nicht so sein, wenn auch nicht ausgeschlossen ist, daß sich zuweilen Verbindungen benachbarter Hohlräumchen und auf solche Weise längere Kanälchen gebildet haben mögen. Ich habe diese Frage bei den ganz ähnlichen Strukturen, die im Panzer der Crustaceen auftreten, schon eingehender erörtert und bei dieser Gelegenheit auch wieder auf die große Übereinstimmung der Strukturverhältnisse der Cellulose- und Chitingebilde mit den hier geschilderten und sonstigen sphärokrystallinischen Strukturen hingewiesen 1898 (p. 367).

4. Da die Möglichkeit bestand, daß dem von mir 1893 dargestellten Gel etwas Chlornatrium zugesetzt worden war, so stellte ich auch einige Versuche in dieser Richtung an. Ein Stückchen des ausgewaschenen Gels wurde in einem Platintiegel, auf dessen Boden ganz wenig festes Chlornatrium gegeben war, auf ein Fragment einer Thonzelle so aufgelegt, daß es mit dem Chlornatrium nicht in Berührung war. Darauf wurde 4 h stark geglüht, so daß das Gelstück den Dämpfen des NaCl ausgesetzt war. Das Ergebnis war sehr ähnlich dem mit dem nicht ausgewaschenen Gel erzielten (s. unter 1). Das Stückchen war vollkommen kreideweiß, wurde von Wasser oder verdünntem Alkohol nur sehr wenig durchdrungen, unter sehr geringem Austritt von Luft. Die mikroskopische Untersuchung ergab, daß die Substanz nun durch und durch sphärolithisch gebaut war, wie Photographie 3 Tafel VI (450) zeigt. Die Sphärolithe waren durchweg etwas stärker lichtbrechend als die sehr spärliche Zwischensubstanz. An der Oberfläche des Stückchens fanden sich hier und da größere, sehr schöne Sphärolithe von rein konzentrisch geschichtetem wabigem Bau, deren Hohlräumchen durchweg mit Luft gefüllt waren. Die Ähnlichkeit dieser Sphären mit größeren, rein konzentrischen des Inulins (siehe 1898 Figur 1 Tafel 24) war ungemein groß.

5. Ein Versuch wurde ferner in der Weise ausgeführt, daß ein Stückchen des ausgewaschenen Gels von 1893 mit konzentrierter

Lösung von Chlornatrium getränkt, getrocknet und dann 4 h geglüht wurde. Auch dies Stückchen war nun kreideweiß geworden und ließ nur wenig Luft in Wasser austreten, ohne sich dabei aufzuhellen. Die mikroskopische Untersuchung feiner Splitter ergab einen etwas wechselnden Bau an verschiedenen Stellen. Ein Teil der Masse war auch hier schön und dicht sphärolithisch strukturiert und zeichnete sich gleichzeitig dadurch aus, daß die einzelnen kleinen Sphärengebilde bei der Zertrümmerung sich leicht isolierten und daher sehr gut einzeln hinsichtlich des wabigen Baues studiert werden konnten. Andere Teile der Masse dagegen zeigten eine Menge Krystallnädelchen, die einer wabigen Grundsubstanz eingelagert waren und sich etwas strahlig drusig um gewisse Punkte stärker angehäuft fanden. In der Grundmasse dieser krystalligen Partie fanden sich ziemlich reichlich größere Lückenräume, die unter einander zusammenhingen und daher auch an den Fragmenten stets von der Zusatzflüssigkeit erfüllt waren. Die Krystallnädelchen sind schwächer brechend wie die Grundmasse, in der sie liegen und gut negativ doppelbrechend.

Aus den vorhergehenden Darlegungen folgt, daß anhaltendes Glühen Veränderungen der Gel hervorruft, welche im allgemeinen eine Annäherung der Mikrostruktur an diejenige der natürlichen Opale bewirken. Erstens spricht sich dies in der verminderten oder fast gänzlich aufgehobenen Imbibitionsfähigkeit für Flüssigkeiten aus, zweitens in der Vergröberung und Verdeutlichung der Mikrostruktur und drittens in der Entwicklung sphärolithischer Gebilde und Strukturen, die sowohl den künstlichen Gel als dem Tabaschir ursprünglich völlig fehlen. Die Übereinstimmung dieser Sphärengebilde mit den in den Opalen beobachteten zeigt sich namentlich auch noch darin, daß sich bei allen nichts von Doppelbrechung, d. h. keine Spur des sonst bei Sphären i. d. R. so deutlichen Kreuzes zwischen gekreuzten Nicols wahrnehmen ließ. Ebenso fehlten Farben mit dem Gypsplättchen I. O. völlig. Das gilt auch für die relativ ansehnlichen Sphären, die unter 3 beschrieben wurden, und kann daher nicht von der Kleinheit der Sphärengebilde bedingt sein.

Es wäre jedoch zweifellos voreilig, wenn man aus diesen Ergebnissen schließen wollte, daß die natürlichen Opale aus einem nicht sphärolithischen Kieselgel durch längere Einwirkung hoher Temperaturen hervorgegangen seien. Möglich scheint es dagegen wohl, daß auch mäßigere Temperaturen bei langer Einwirkung einen ähnlich verändernden Einfluß auf nicht sphärolithische Gel ausüben. Ohne

genauere Untersuchungen wird sich diese Möglichkeit nicht abweisen lassen. Ich halte es daher für wahrscheinlich, daß die geschilderten Veränderungen der Gel beim Glühen wirklich in näherer Beziehung zu den natürlichen Opalen stehen, wenn auch die Bildung der letzteren nicht auf demselben Wege, d. h. durch Glühen ursprünglicher Gel erfolgt ist. Dagegen möchte ich betonen, daß die Wasserhaltigkeit der natürlichen Opale nicht wohl gegen die Möglichkeit ihrer Bildung bei höheren Temperaturen angeführt werden kann. Denn wenn durch das Glühen die Imbibitionsfähigkeit nicht gänzlich aufgehoben wurde, so kann die Wasserhaltigkeit ebensowohl eine sekundäre Erscheinung sein, die erst nach der Opalbildung eingetreten ist. Jedoch spricht die schon bei schwachem Glühen eintretende starke Veränderung des Edelopals (s. oben p. 331) sehr gegen die Mitwirkung hoher Temperaturen bei seiner Entstehung.

Schwierig ist es, den eigentlichen Vorgang bei dem Verwandlungsprozeß der Gel durch langes Glühen zu beurteilen. Die dabei stets auftretende Vergröberung und Verdeutlichung der Hohlräumchenstruktur, sowie die Entwicklung sphärokrystallinischer Gebilde weisen darauf hin, daß ein tiefergehender Umwandlungsprozeß sich abspielt; denn es müssen ursprünglich getrennte Hohlräumchen sich mit einander vereinigen und gleichzeitig die Wände der so vergröberten Räumchen sich erheblich verdicken und endlich muß eine regelmäßige konzentrische oder strahlige Gruppierung dieser Hohlräumchen um gewisse Mittelpunkte eintreten. Alle diese Vorgänge lassen sich schwer vorstellen ohne die Annahme, daß dabei eine vorübergehende Erweichung der Kieselsäuresubstanz statthaben muß. In dem gleichen Sinn spricht auch die Thatsache, daß fortgesetztes Glühen die Imbibitionsfähigkeit sehr vermindert, ja fast aufhebt. Daß dies nicht von dem Verschwinden der Hohlräumchen herrührt, haben wir genügend erwiesen. Der Grund muß also darin liegen, daß die ursprünglich sehr durchlässigen Wände der Hohlräumchen undurchlässiger werden. Da sie sich erwiesenermaßen sehr erheblich verdicken, so wäre damit schon ein in diesem Sinne wirkendes Moment gegeben. Wie ich schon früher (1896, p. 45) ausgeführt habe, steht es ja frei, eine poröse Struktur der Hohlräumchenwände anzunehmen und damit ihre Durchlässigkeit für Flüssigkeiten zu erklären. Bei der Feinheit der Wände wäre an die Möglichkeit, diese poröse Beschaffenheit mikroskopisch wahrzunehmen oder zu widerlegen, nicht zu denken. Es stände also nichts im Wege anzunehmen, daß die beim Glühen eintretende Undurchlässigkeit der Wände auf dem Schwinden oder der

Verengerung dieser Poren beruhe. Dennoch scheint es mir zweifelhaft, ob diese Vorstellung der Wirklichkeit völlig entspricht. Da wir wissen, daß auch durch flüssige feinste Lamellen, z. B. solche von Öl oder Harzen, andere Flüssigkeiten, z. B. Wasser, die darin nur sehr wenig löslich sind, rasch hindurchtreten können, so scheint mir die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, eine analoge Betrachtungsweise auch auf sehr feine feste Lamellen auszudehnen, d. h. den Durchtritt von Flüssigkeiten durch dieselben unter dem Gesichtspunkt der Lösung der Flüssigkeit in der Substanz der Lamellen zu betrachten. In diesem Falle würde natürlich das Undurchlässigwerden der Wände bei längerem Glühen in der Abnahme der Lösungsfähigkeit der Flüssigkeit in der festen Substanz zu suchen sein.

Nachträglicher Zusatz.

Auf p. 308 betonte ich, bei Besprechung der Ansichten *van Bemmelen*'s über den Bau und die Bildung der Gel, daß ich den Prozeß des Gelatinierens seit 1892 als einen Entmischungsvorgang zu erklären versucht habe, wobei eine Scheidung in zwei Flüssigkeiten eintritt, von denen die eine im weiteren Verlauf erstarrt. Ich wies besonders darauf hin, daß *van Bemmelen* in seiner II. Abhandlung von 1898 diese Ansicht gleichfalls acceptiert, dabei aber nicht klar hervortreten läßt, daß ich diese Auffassung schon seit Jahren dargelegt hatte, und, soweit mir bekannt, zum ersten Male. Es war dies ja auch wohl betonenswert, da die II. Abhandlung *van Bemmelen*'s von 1898 im Wesentlichen einer Erörterung der von mir seit 1892 über die kolloidalen Körper, die Gerinnung und Gelbildung ausgeführten Untersuchungen gewidmet ist, wobei sich *van Bemmelen* in allen Hauptpunkten auf den Boden der von mir erzielten Ergebnisse stellt, die ihm früher unbekannt geblieben waren. Daß es nun nicht überflüssig war, meinen Anteil an der Deutung der Gelbildung als Entmischungsvorgang zu betonen, ersehe ich aus einer mir vor einigen Tagen zugegangenen Arbeit von *W. B. Hardy:* «On the Mechanism of Gelation in Reversible Colloidal Systems» (Proc. roy. soc. London, Vol. 66, p. 95—109). In dieser Arbeit heißt es auf p. 106: «The first worker to regard gelation as being due to formation of two phases, one fluid and the other solid, was van Bemmelen» (und zwar in seiner II. Abhandlung von 1898). *Hardy*, der doch *van Bemmelen*'s II. Abhandlung von 1898 kennt, gedenkt meiner Untersuchungen auch nicht mit einem Wort, obgleich er im Wesentlichen das bestätigt und teilweise er-

weitert, was ich schon 1894, 1896 und 1898 über Bildung und Bau der Gel, die Auspreßbarkeit von Flüssigkeit aus ihnen etc. gefunden hatte. Da ihn *van Bemmelen*'s II. Abhandlung von 1898 ganz direkt auf meine Untersuchungen hinweisen mußte, so läßt sich dieses Verfahren nicht durch Unbekanntschaft mit meinen Arbeiten entschuldigen.

Litteratur.

1871 *Behrens, H.*, Mikroskopische Untersuchungen über die Opale. Sitzungsber. d. K. A. Wien, Mathem. phys. Kl., Abt. I., Bd. 64, p. 519—566, 2 Taf.

1873 — Über das Spektrum des Edelopals. Neues Jahrbuch f. Mineralogie 1873, p. 920—931, Taf. 5.

1881 *van Bemmelen, J. M.*, Die Verbindungen einiger festen Dioxydhydrate mit Säuren, Salzen u. Alkalien. Journal f. prakt. Chemie, Bd. 131, p. 224—349, p. 374—395.

1896 — Die Absorption, 1. Abh.: Das Wasser in den Kolloiden, besonders in der Kieselsäure. Zeitschr. f. anorg. Chemie, Bd. 13, p. 233—356.

1898 — 2. Abh.: Die Bildung der Gels und ihre Struktur. Ibid. Bd. 18, p. 14—38.

1898 — 3. Abh.: A. Die Hohlräume, die bei der Entwässerung des Hydrogels von SiO_2 entstehen. B. Der Verlust des Absorptionsvermögens der Kolloiden. C. Die Umsetzung von krystallinischen Hydraten in amorphe Substanzen (Absorptionsverbindungen). Ibid. Bd. 18, p. 98—146.

1899 — 4. Abh.: Die Isotherme des kolloidalen Eisenoxyds bei 15°. Zeitschr. f. anorg. Chemie, Bd. 20, p. 185—211.

1819 *Brewster, D.*, On the optical properties of Tabascheer. Philosoph. Transact. roy. soc. London. P. II, p. 283. Übers. in *Schweigger*'s Journ. f. Chemie u. Physik 29, 1820, p. 411—429.

1828 — Einiges über die Naturgeschichte u. die Eigenschaften des Tabascheer, der Kieselkonkretion im Bambusrohre. *Schweigger*'s Journ. f. Chemie u. Physik, Bd. 52, p. 412—426. Original in: Edinburgh Journ. of science, Nr. 16, p. 285.

1845 — On the cause of the colours in precious opal. Edinburgh new philosophic. Journ. T. 38, p. 385—386. (Aus Athenaeum, Report of Brit. Assoc.)

1853 *Brücke, E.*, Über die Farbe, welche trübe Medien im auffallenden und durchfallenden Lichte zeigen. Ann. d. Physik u. Chemie, Bd. 164, p. 363—385.

1892 *Bütschli, O.*, Untersuchungen über mikrosk. Schäume und das Protoplasma. Leipzig (s. d. p. 216—218).

1893 — Über den feineren Bau der Stärkekörner. Verh. d. naturhistor.-med. Vereins Heidelberg, N. F., Bd. 5, p. 89—102.

1894 — Vorläufiger Bericht über fortgesetzte Untersuchungen an Gerinnungsschäumen etc. Verhandl. d. nat.-med. Vereins Heidelberg, N. F., Bd. 5, p. 230—292, 3 Taf.

1896 *Bütschli, O.*, Über den Bau quellbarer Körper u. die Bedingungen der Quellung. Abhandl. d. K. Ges. d. W. zu Göttingen. Bd. 40, 68 p.
1898 — Untersuchungen über Strukturen. Leipzig. 27 Taf.
1900 — Untersuchungen über die Mikrostrukturen des aus dem Schmelzfluß erstarrten Schwefels etc. Leipzig. W. Engelmann. 4 Taf.
1884 *Christiansen, C.*, Untersuchungen über die optischen Eigenschaften von fein verteilten Körpern. Ann. d. Phys. u. Chemie. Bd. 259, p. 298—305.
1885 — 2. Mitteilung. Ibid. Bd. 260, p. 439—446.
1887 *Cohn, F.*, Über Tabaschir. Beiträge z. Biologie d. Pflanzen, Bd. 4, p. 365—407, Taf. 16. (Vorl. Bericht in Jahresb. d. schles. Ges. f. vaterl. Kultur f. d. J. 1886, p. 177—181.)
1846 *Ebelmen*, Untersuchung der Verbindungen der Borsäure und der Kieselsäure mit den Äthern. J. f. prakt. Chemie. Bd. 37, p. 347—376.
1851 *Frankenheim, M. L.*, Krystallisation u. Amorphie. Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 54, p. 430—476.
1864 *Graham, Th.*, Über die Eigenschaften der Kieselsäure u. anderer analoger Kolloidsubstanzen. Ann. d. Phys. u. Chemie. Bd. 199, p. 529—540. (Aus Proc. roy. soc. 1864.)
1857 *Haidinger, W.*, Über die Opalgruben von Czernewitza. Jahrbuch d. k. k. geolog. Reichsanstalt, Bd. 8, p. 176—177.
1853 *Kühn, H.*, Über die Auflöslichkeit der Kieselsäure in Wasser. Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 59, p. 1—6.
1890 *Kühne, W.*, Kieselsäure als Nährboden für Organismen. Zeitschr. f. Biologie. Bd. 27, p. 172—179.
1855 *Maschke, O.*, Vorläufige Mitteilung über Kieselsäurehydrat u. die Bildungsweise v. Opal u. Quarz. Zeitschr. d. deutsch. geolog. Ges., p. 438.
1872 — Über Abscheidung von krystallisierter Kieselsäure aus wässrigen Lösungen. Ann. d. Phys. u. Chemie. Bd. 221, p. 549—578.
1872 — Studien über amorphe Kieselsäure. Annalen d. Phys. u. Chemie. Bd. 222, p. 90—110.
1887 *Poleck*, Analyse des von Dr. *Schuchardt* bezogenen Tabaschir. Jahresber. d. schlesisch. Gesellsch. f. vaterl. Kultur f. d. J. 1886, p. 181—183.
1875 *Rammelsberg, C. F.*, Handbuch der Mineralchemie. 2. Aufl. II. Bd. Leipzig.
1865 *Reusch, E.*, Über den Hydrophan von Czernowitza. Ann. d. Physik und Chemie. Bd. 200, p. 431—448. Zwei Abänderungen zu dem Aufsatz: Über den Hydrophan. Ibid. p. 643—644.
1859 *Rose, H.*, Über die verschiedenen Zustände der Kieselsäure. Ann. d. Phys. u. Chemie. Bd. 184, p. 1—39.
1846 *Schaffgotsch, F.*, Über das spezifische Gewicht der Kieselerde. Ann. d. Physik u. Chemie. Bd. 144, p. 147—158.
1863 *Schultze, M.*, Die Struktur der Diatomeenschale, verglichen mit gewissen aus Fluorkiesel künstlich darstellbaren Kieselhäuten. Verh. des naturh. Vereins d. Pr. Rheinl. u. Westf. 20, p. 1—42.
1871 *Strutt, J. W.*, On the light from the sky, its polarisation and colour. Philosophic. magaz. (4 s) T. 41, p. 107—120, p. 274—279.
— On the scattering of light by small particles. Ibid., p. 447—454.
— Transparency and opacity. Nature, Vol. 60, p. 64—65.

1898 *Stscheglayew, J.*, Über das Brechungsvermögen des mit Flüssigkeiten getränkten Hydrophans. Annalen d. Phys. u. Chemie. Bd. 300, p. 325—332 u. Bd. 301, p. 745.

1899 *Sukatschoff, B.*, Über den feineren Bau einiger Cuticulae und der Spongienfasern. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. Bd. 66, p. 377—406, 3 Tf.

1828 *Turner, E.*, Edinburgh. Journ. of sc. Nr. 16, p. 335. Chemische Untersuchung des Tabascheers. Übers. in *Schweigger's* Journ. f. Chemie u. Physik 52, p. 427—433.

Tafelerklärung.

Tafel V.

Fig. 1. Kieselgel, Nr. 91, von *van Bemmelen*. Mit Olivenöl schwach imbibiert. Dünnes Bruchstück in Luft. Obj. 2. Pr. Ok. 4. Einstellung tief auf die untere Grenzfläche. Wabenstruktur sehr schön und klar hervortretend. Hie und da etwas streifig. Vergr. 1970.

Fig. 2. Tabaschir. Feiner dünner Splitter eines schwach mit Olivenöl imbibierten Stückchens. In Luft. Obj. 2. Pr. Ok. 4. Einstellung auf die Oberfläche gerade tief. Sehr schön faserig-wabige Struktur. Vergr. 1970.

Fig. 3. Kieselgel, von mir 1893 dargestellt. Mit einem Gemisch von 1 T. Chloroform u. 5/4 T. Cedernholzöl vollständig imbibiert und darauf eingetrocknet. Sehr feiner ebener Splitter. Wabenstruktur sehr schön. Obj. 2 Pr. Ok. 4. Einstellung tief auf die Oberfläche. Vergr. 1970.

Fig. 4. Tabaschir. Mit Gemisch von 2 T. Chloroform und 1 T. Cedernholzöl ganz imbibiert, darauf eingetrocknet. Kleiner, sehr dünner Splitter. Wabenstruktur sehr scharf und klar hervortretend. Obj. 2. Pr. Ok. 4, Blende mäßig. Einstell. tief auf Struktur. Vergr. 1970.

Fig. 5. Kieselgel, Nr. 93, von *van Bemmelen*. Mit Olivenöl schwach imbibiert. Dünner, ebener Splitter in Luft. Wabenstruktur sehr schön und z. T. hübsch streifig. Obj. 2. Ok. 8. Einstell. auf die untere Grenzfläche tief. Vergr. 2900.

Fig. 6. Hydrophan von Hubertusburg in Sachsen. Feiner Schliff in geschmolzenem Kanadabalsam eingeschlossen. Wabenstruktur deutlich hervortretend und gleichzeitig der sphärolithische Bau ziemlich gut angedeutet. Obj. 2. Ok. 8. Einstell. auf eine mittlere Schichte des Schliffs, damit die Unregelmäßigkeiten der Schliffflächen wegfallen. Bl. mäßig. Vergr. 2900.

Fig. 7. Tabaschir. Ganz schwach mit Olivenöl imbibiert. Äußerst dünnes feines Splitterchen in Luft. Jedenfalls nur eine einzige Wabenlage dick. Obj. 2. Ok. 8. Einstell. gerade tief. Bl. ziemlich eng. Darum noch einige feinste Trümmer des Wabenwerks. Vergr. 1730.

Fig. 8. Edler Opal (s. Taf. VII, Fig. 3) von unbekanntem Fundort. Schwach geglühtes Stückchen. Feiner Splitter in Kanadabalsam. Obj. 2. Ok. 8. In der Mitte eine gröbere, deutlichere Wabenstruktur, die infolge des Glühens aufgetreten ist und gegen die Ränder feiner und viel blässer wird. Einstell. gerade tief. Bl. mäßig. Vergr. 4300.

Tafel VI.

Fig. 1. Halbopal von Telkebánya (Ungarn). Sehr feines Splitterchen in Wasser, das jedenfalls die Splitter sehr unvollständig durchdrungen hat (s. oben p. 326). Die wabige Struktur, sowie die sphärolithische Zusammensetzung zu erkennen. Obj. 2. Ok. 8. Bl. ziemlich eng. Einstell. möglichst auf die untere Grenzfläche, tief. Vergr. 3250.

Fig. 2. Halbopal von Telkebánya. Feiner, etwas keilförmiger, d. h. nach dem oberen Rand an Dicke zunehmender Splitter in geschmolzenem Kanadabalsam. Obj. 2. Ok. 4. Vergr. 1500. Bei dieser Vergrößerung ist die wabige Struktur nicht deutlich zu sehen, dagegen tritt der sphärolithische Bau viel besser hervor.

Fig. 3. Kieselgel von mir (1893). Sehr gut ausgewaschen; darauf im Platintiegel, auf dessen Boden ein wenig NaCl, jedoch ohne Berührung mit den Gelstückchen, 4—5 h geglüht. Feiner Splitter in Kanadabalsam. Durch u. durch fein sphärolithisch. Schwache Vergrößerung. Obj. 8. Ok. 4. Vergr. 450.

Fig. 4. Kieselgel (1893) nicht ausgewaschen. 4 h im Platintiegel geglüht; die schön wabige Grundmasse ganz von Sphären durchsetzt. Die letzteren z. T. schön wabig strukturiert, mit Centralkörperchen. Obj. 2. Pr. Ok. 4. Einstell. gerade tief. Bl. ziemlich eng. Vergr. 1970.

Fig. 5. Edler Opal von Vörösagas (Ungarn). Ziemlich großer und mäßig feiner Splitter in Kanadabalsam. Obj. 8. Pr. Ok. 4. Bl. ziemlich weit. Vergr. 450. Bei so schwacher Vergrößerung tritt die regelmäßig sphärolithische Struktur als Punktierung hervor, die vielfach streifig und kreuzstreifig gittrig erscheint.

Fig. 6. Edler Opal von Vörösagas (Ungarn). Sehr dünner flacher Splitter in Kanadabalsam. Obj. 2. Ok. 8. Vergr. 4300. Einstell. tief, so daß die ganz regelmäßig alternierend angeordneten Sphärolithe dunkel erscheinen, die Zwischensubstanz dagegen hell. Der wabige Bau der Sphärolithen und die Zwischensubstanz treten deutlich hervor.

Fig. 7. Edler Opal von Vörösagas. Sehr dünner feiner Splitter in Kanadabalsam. Obj. 2. Ok. 8. Vergr. 4300. Die sphärolithische Struktur, sowie der Wabenbau der Sphärolithen sehr gut ausgeprägt. Die Einstell. weniger tief als Fig. 6, daher die einzelnen Sphärite weniger dunkel.

Tafel VII.

Fig. 1. Kieselgel (1893) mit 5%iger Lösung von Natriumkarbonat getränkt, darauf getrocknet und dann 4 h im Platintiegel geglüht. Bruchstück einer größeren Sphäre in Kanadabalsam. Teilweise lufterfüllt in der strahligen Partie. Obj. 2. Pr. Ok. 4. Einstell. auf mittlere Schicht, daher die Struktur jedenfalls nicht ganz genau gesehen. Vergr. 1970.

Fig. 2. Bruchstück einer ähnlichen, sehr schön konzentrisch geschichteten Sphäre aus demselben Präparat wie Fig. 1, Taf. VII. Obj. 2. Pr. Ok. 4. Einstell. auf mittlere Schicht. Vergr. 1970.

Fig. 3. Edelopal (Fundort unbekannt, s. Taf. V, Fig. 8). Sehr dünner ebener Splitter in Kanadabalsam. Obj. 2. Ok. 8. Vergr. 4300. Die sphärolithisch-wabige Struktur ist sehr fein und blaß, so daß ihre Existenz zwar sicher festzustellen, die Einzelheiten dagegen nicht hinreichend zu ermitteln sind. Einstell. gerade tief. Bl. eng.

Fig. 4. Dasselbe Bruchstück einer größeren Sphäre, von welchem in Fig. 1, Taf. VII, ein kleinerer Teil stärker vergrößert dargestellt ist. In Kanadabalsam Obj. 2. Pr. Ok. 4. Vergr. 800. Näheres siehe in Erklärung von Fig. 1, Taf. VII.

Fig. 5. Halbopal von Telkebánya (Ungarn). Feiner dünner Splitter in geschmolzenem Kanadabalsam. Kleiner Teil des Splitters mit Obj. 2. Ok. 8. Vergr. 3250. Läßt einige der ziemlich unregelmäßigen und ungleichgroßen Sphären, sowie ihre Wabenstruktur erkennen. Einstell. möglichst auf untere Grenzfläche und tief.

Fig. 6. Tabaschir. Stückchen, das mit Säurefuchsin gefärbt, darauf getrocknet. Feinste, sehr dünne, durch Zertrümmerung erhaltene Splitter und Fragmente mit sehr deutlich wabiger Struktur des Gerüstwerks, wenn auch sehr blaß gefärbt. In Luft. Um die Fragmente noch kleinste Trümmerreste des Gerüstwerks, Obj. 2. Pr. Ok. 4. Vergr. 1970. Einstell. gerade tief, Bl. ziemlich weit.

Fig. 7. Edler Opal von Vörösagas (Ungarn). Feiner ebener Splitter in geschmolzenem Kanadabalsam. Obj. 2. Pr. Ok. 2. Vergr. 1220. Einstell. nahe unter der Oberfläche des Splitters, so daß die so regelmäßigen sphärolithischen Kügelchen hoch eingestellt sind und daher als dichtere Gebilde hell erscheinen, die weniger dichte Zwischensubstanz dagegen dunkel. In der rechten unteren Ecke geht die Einstellung jedoch allmählich in die tiefe über. Von der feineren Struktur ist bei dieser Vergrößerung nichts deutliches zu erkennen.

Fig. 8. Edler Opal von Vörösagas (Ungarn). Splitter in Kanadabalsam. Obj. 2. Pr. Ok. 4. Vergr. 1970. Einstellung ähnlich wie bei vorhergeh. Figur, jedoch etwas weniger hoch. Struktur der Zwischensubstanz und der sphärolithischen Kügelchen in Andeutung.

Fig. 9. Kieselgel (1893), 4 h in Platintiegel geglüht. Kleiner dünner Splitter mit einigen schönen, gut strukturierten Sphären. In Kanadabalsam. Obj. 2 Ok. 8. Vergr. 4300. Das sehr schön erkennbare Wabenwerk der Sphären und der Zwischensubstanz ist durchaus lufterfüllt. Einstell. gerade tief.

Inhaltsübersicht.

(Sonderabzüge ausgegeben den 18. Juni 1900.)

Über Parasitismus und sexuelle Reproduktion im Pflanzenreiche.

Von M. Möbius.

Wie sich eine Entwickelung der sexuellen Reproduktion aus ungeschlechtlicher Keimbildung nachweisen läßt, so finden wir auch eine Reduktion der ersteren, die wieder zu vollständig geschlechtsloser Erzeugung der Keime führt. Es zeigt sich dies vor allem in dem großen Reich der Pilze und in einzelnen Familien höherer Pflanzen, die wie die Pilze saprophytisch oder parasitisch leben.

Der Vortragende stellt nun die Theorie auf, daß die eben genannte Ernährungsweise mit dem Verluste der Sexualität in Beziehung stehe, insofern die saprophytische oder parasitische Lebensweise dem eigentlichen Wesen der Pflanze derartig widerspricht, daß dadurch die wichtigsten Lebensfunktionen, nämlich die Reproduktion oder Keimbildung alteriert wird, so daß entweder die sexuelle Fortpflanzung aufgehoben wird, wie bei den Pilzen, oder daß die Fortpflanzungsorgane verändert werden, wie bei den höheren Schmarotzerpflanzen, bei denen sogar auch vollständige Apogamie eintreten kann. Unterstützt wird diese Theorie noch durch den Umstand, daß bei den tierischen Schmarotzern eine Veränderung oder Reduktion der Fortpflanzungsorgane nicht auftritt, weil ja die Tiere alle von organischen Stoffen leben und bei ihnen der Parasitismus nicht eine Veränderung im Grundprinzip der Ernährung bedeutet, sondern nur eine Modifikation in der Lebensweise, durch die besonders die Lokomotionsorgane reduziert werden.

Betrachten wir nun zunächst kurz die Vertreter der Saprophyten und Parasiten unter den Blütenpflanzen, so finden wir, abgesehen von ihrer Veränderung in dem Aussehen — Reduktion der Blätter und Fehlen des Blattgrüns bei vielen derselben —, daß bei einigen Gruppen die Samenknospen unvollkommen ausgebildet sind, bei vielen der Samen sehr klein ist und einen rudimentären Embryo enthält. Jedenfalls finden sich die wichtigsten Abweichungen von dem normalen Bau des weiblichen Sexualapparates gerade bei den Familien, deren Glieder alle oder großenteils saprophytische oder parasitische Lebensweise

zeigen. Am meisten weichen die Balanophoreen von dem normalen Bau ab, bei einigen derselben entwickelt sich der Samen vollständig apogam und bei einer Art scheinen die männlichen Pflanzen ganz zu fehlen.

Bei den Pilzen haben wir eine geschlechtliche Fortpflanzung nur noch bei wenigen Formen, die den Algen, von denen sich jene ableiten, am nächsten stehen; in den großen Reihen der Ascomyceten und Basidiomyceten finden wir Befruchtung nur noch bei sehr wenigen Formen, die an dem Anfang der ersteren Reihe stehen. Unerklärlich erscheint noch die Ähnlichkeit in der Fruchtbildung zwischen Ascomyceten und Florideen, und höchst merkwürdig ist, daß die Laboulbeniaceen, als Ausnahme unter den Ascomyceten, auch einen Befruchtungsvorgang zeigen, der im wesentlichen mit dem der Florideen übereinstimmt. Dies führt nun zu der Betrachtung der Flechten, für welche in einigen Vertretern die Befruchtung einer Trichogyne durch Spermatien höchst wahrscheinlich gemacht ist. Es wäre dies also ein Befruchtungsvorgang, der — wenn wir von den Laboulbeniaceen absehen — nicht mit dem Entwickelungsgang der Ascomyceten in direktem Zusammenhang steht, der gewissermaßen als etwas Neues erscheint, gerade wie die Bildung der Assimilationsorgane bei den Flechten etwas Neues ist, indem nicht die Pilze wieder zu chlorophyllhaltigen Formen werden, sondern Algen als Gonidien in ihren Thallus einschließen. Also mit dem Auftreten einer anderen Form von Assimilationsorganen tritt auch eine andere Form der sexuellen Reproduktion wieder ein! Zum Schluß wird noch gezeigt, daß die Annahme von der befruchtenden Natur der Spermatien bei den Flechten sich in Übereinstimmung bringen läßt mit der Keimung der «Spermatien» bei gewissen Flechten: die unter dem Namen «Spermatien» zusammengefaßten Gebilde sind eben offenbar teils Sporen, teils echte Spermatien, teils vielleicht funktionslos, wie wir ja auch z. B. bei Ectocarpus-Arten äußerlich ähnliche Schwärmer teils als Gameten, teils als Schwärmsporen fungieren sehen.

Verfasser suchte seinen Vortrag noch durch eine größere Anzahl von Tafeln zu erläutern, die teils die Reproduktionsverhältnisse der erwähnten Pflanzen, teils das äußere Aussehen der parasitischen Phanerogamen darstellen. Ferner waren einige mikroskopische Präparate aufgestellt vom Carpogon und der Trichogyne von Collema und von einigen Laboulbeniaceen, die Verfasser auf Käfern bei Frankfurt gefunden hat.

(Sonderabzüge ausgegeben den 8. November 1900.)

Untersuchungen über die Entwicklung des Endosperms und der Samenschale von Corydalis cava.

Von Dr. G. Tischler.

I. Einleitung.

In seinem Werke: Zellbildung und Zellteilung (22) giebt *Strasburger* für Corydalis cava ein eigentümliches Verhalten während der Endospermbildung an, daß nämlich nicht zwischen allen im Wandbeleg des Embryosackes ausgebildeten Kernen Scheidewände angelegt werden, und demnach stets mehrere Kerne in eine Zelle zu liegen kommen. Diese Kerne sollen dann miteinander verschmelzen. Interessant war mir nun, zu untersuchen, wie die Verschmelzung vor sich ginge, wie die verschieden großen Kerne sich dann bei der weiteren Teilung verhielten, wie sie ihren Chromatinreichtum verwerteten, ob etwa eine Reduktion der Chromosomen einträte, um möglichst eine gleichmäßige Chromosomenanzahl für alle Kerne zu erhalten, oder ob die einzelnen Kerne eine verschiedene Anzahl von Chromosomen besäßen.

Gleichzeitig habe ich für dieses Objekt die Frage zu beantworten gesucht, wie die Scheidewände angelegt werden und namentlich, ob und wie ein Verschluß derjenigen Zellen erfolge, die an die innere Höhlung des Embryosackes grenzen, weiterhin wie die Zellen sich bei dem Zusammentreffen im Centrum von den verschiedenen Seiten her gegeneinander verhalten, Fragen, deren Lösung meines Wissens überhaupt noch gar nicht mit den Mitteln der modernen mikroskopischen Technik in Angriff genommen worden sind. Die wenigen Angaben, die über den Verschluß der in Frage stehenden Zellen von *Berthold* (1), *Hegelmaier* (11), *Strasburger* (22) für die Angiospermen und von Mademoiselle *Sokolowa* (20) für die Gymnospermen vorliegen, werde ich im Verlaufe der Arbeit anführen.

Was außerdem den Verlauf der Endospermentwicklung anlangt, so habe ich mich bemüht, irgendwelche abnormen Teilungsfiguren zu konstatieren, wie sie z. B. von *Dixon* (8) für den Embryosack von

Fritillaria imperialis, von Miß *Sargant* (18, 19) für den von Lilium Martagon und namentlich von *Buscalioni* (3) für das Endosperm von Vicia Faba, Lupinus, Fritillaria und Leucojum beobachtet worden sind.[1])

Endlich komme ich noch auf die Entwicklung der Samenschale zu sprechen, die zwar schon von *Buscalioni* in einer kleinen Abhandlung besonders behandelt worden ist (4), für die ich aber einige Berichtigungen und Ergänzungen nachzutragen habe.

II. Objekt und Methode der Untersuchung.

Hauptsächlich habe ich Corydalis cava Schweigg. u. Kort. auf ihr Verhalten hin für die oben angedeuteten Fragen untersucht. Zum Vergleiche zog ich aber auch Corydalis lutea D. C. und Corydalis ochroleuca Koch heran, desgleichen aus Gründen, auf die wir weiter unten zu sprechen kommen, die Samen einiger Palmen und zwar: Hyphaene thebaica Mart., Maximiliana regia Mart. und Cocos nucifera L.

Fixiert wurde das Material nach den Methoden von *Flemming* (Chromsäure 1,8 g, Osmiumsäure 0,5 g, Eisessig 12 ccm, Wasser 421 ccm), *Guignard* (Chromsäure 0,5 g, Eisessig 2 ccm, Eisenchlorid 0,5 ccm, Wasser 100 ccm) und *Carnoy* (3 Teile absoluter Alkohol, 1 Teil Eisessig).

Dann wurden die Pflanzenteile nach der im Bonner botanischen Institute üblichen Weise in Alkohol steigender Concentration gebracht, durch Chloroform und Paraffin von 45° C. Schmelzpunkt in solches von 50° oder 52° übergeführt und mit dem Mikrotom geschnitten; dabei ist zu bemerken, daß sowohl in dem Gemische ½ Alkohol, ½ Chloroform, wie in reinem Chloroform und der Mischung ½ Chloroform, ½ Paraffin 45° Schm. die Objekte, besonders die älteren Stadien, immer je 3—4 Tage gelassen wurden.

Was die Fixiermittel anbetrifft, so gebe ich für die jüngeren und mittleren Stadien und für die von der Samenschale befreiten

---

[1]) Streng genommen kann man von den von *Buscalioni* untersuchten Pflanzen nur die beiden letzten mit unserem Objekt vergleichen. Denn sowohl bei Vicia als auch bei Lupinus wird das ganze Endosperm, das sich überhaupt ausbildet, bereits während der Entwicklung des Samens zum größten Teile aufgebraucht, während Corydalis und die erwähnten Monokotylen diesen Vorgang erst bei der Keimung eintreten lassen. Die für unser Objekt in Frage kommenden Unregelmäßigkeiten in der Kernteilung, die *Buscalioni* für Vicia beschreibt, werden wir aber auch bei Leucojum und Fritillaria wiederfinden.

Embryosäcke unzweifelhaft dem *Flemming*'schen Gemische den Vorzug vor den übrigen. Nachteilig war nur, daß in den jüngeren Stadien oft eine recht starke Schwärzung durch die Osmiumsäure stattfand, ein Übelstand, der aber durch die bekannte Wasserstoff-Superoxyd-Behandlung (1 Teil H_2O_2 auf 20 Teile 70%igen Alkohols) jedesmal zu beseitigen war. Nur genügen hier nicht ein paar Minuten der Einwirkung dieses Mittels, sondern die Schnitte müssen etwa 12 bis 16 Stunden darin liegen.

Nicht so gut wie für die eben erwähnten erwies sich das *Flemming*'sche Gemisch für die älteren Stadien, falls ich die Samen mitsamt der Samenschale fixiert hatte, um Schnitte durch das ganze Ovulum zu machen. Das Eindringen der drei Säuren fand nicht gleichmäßig statt, und daher war die Fixierung nicht zufriedenstellend. Sehr gute Dienste leistete mir hier aber das Gemisch von *Carnoy*, besonders da es mir in diesen Stadien auf die inneren Teile ankam. Ich kann somit für mein Objekt nicht dem beipflichten, was *Nemec* (17) für die Wurzelspitze von Allium Cepa p. 319 sagt, wonach «Alkohol-Eisessig allgemein Artefakte» verursacht. Vielmehr erzielte ich dieselben Resultate, wie sie *v. Wasielewski* (28) für die Wurzelspitze von Vicia Faba angiebt. «In den äußeren Partieen der Schnitte erwies sich die deformierende Wirkung des starken und so bedeutend alkoholhaltigen Mittels vorherrschend .... Mehr nach innen hingegen zeigte sich der Plasmaleib entweder nur wenig kontrahiert oder er nahm sogar das gesamte Zelllumen ein ... Kappen wie Spindelfasern sind gut erhalten ... gut sind ferner die Kerne und Chromosomen.»

Ein leichtes Zurückziehen des Plasmas von der Zellwand war allerdings oft zu bemerken, was ja aber gerade für die hier in Betracht kommende «Zellwand»-Frage von Nutzen war. Als eine Eigentümlichkeit fiel mir ferner auf, daß das Plasma oft eine radialfaserige Struktur zeigte.

Das *Guignard*'sche Fixierungsmittel leistete mir keine besonders guten Dienste. Ich wendete es nur an, um die Centrosomen, die von *Guignard* bei diesem Gemisch für einige Phanerogamen gefunden sein sollen, eventuell zu bemerken. Wie ich schon hier angeben will, war der Erfolg, wie vorauszusehen, stets negativ.

Geschnitten wurden die Objekte auf 5 oder 7,5 μ, die älteren Stadien, soweit sie mit der Samenschale zusammen fixiert waren, auf 10, einige Male selbst auf 15 μ. Gefärbt habe ich dann die Präparate zumeist nach dem *Flemming*'schen Safranin-, Gentiana-

Violett-, Orange-G-Verfahren, wobei sich empfahl, 12—16 Stunden Safranin, bei jüngeren 5 Minuten Gentiana-Violett, bei älteren Stadien nur 2—3 Minuten, und etwa 1/2 Minute Orange-G. Bei *Guignard*-scher Fixierung mußte ich etwas länger Gentiana-Violett einwirken lassen, doch wurde die Färbung meist überhaupt nicht gut. Daneben färbte ich auch mit Biondis Farbengemisch nach dem von *A. B. Lee* und *P. Mayer* (14) angegebenen Verfahren. Zwar waren hierbei die blaugrünen Zellwände mitsamt ihren Verdickungen deutlich von dem orangeroten Plasma zu unterscheiden, im übrigen gelang es mir aber nicht, eine gute und vor allem gleichmäßige Färbung zu erzielen.

III. Die Entwicklung des Endosperms.

a) Der Embryosack-Wandbeleg.

Die Anfänge der Endospermentwicklung, die Bildung des mit Kernen reich versehenen protoplasmatischen Wandbeleges des Embryosackes verläuft in ganz normaler Weise. Zunächst ist die protoplasmatische Schicht sehr dünn, so daß die Kerne höckerartig ins Zelllumen vorspringen. Dann vermehrt sich die Plasmamenge und umgiebt die Kerne allseitig, die ruhenden Kerne zeigen stets einen Nucleolus, sehr selten zwei. Das Chromatin ist in gewöhnlicher Weise angeordnet. Vor Beginn der Teilung fand ich eine eigentümliche Ausbildung des letzteren (Fig. 1—7). Allen diesen Bildern ist gemeinsam, daß das Chromatin nicht mehr ein regelmäßiges Netzwerk bildet, sondern zu mehr oder weniger großen Klümpchen angeordnet ist, die auf einem gewissen Stadium pseudopodienähnliche Fortsätze zeigen. Diese Chromatinklümpchen sind durch ganz zarte Lininbrücken verbunden. Die Figuren geben die Anordnung des Chromatins besser an, als Beschreibungen es vermöchten; ich verweise daher auf sie.

Der Nucleolus ist gegenüber dem normalen Stadium im ruhenden Kern verkleinert, oft gar nicht zu unterscheiden von den Chromatinkügelchen, da er mit dem Dreifarbenverfahren gleiche Färbung annimmt wie diese. Doch setzen an ihn natürlich nie Lininfäden an, wodurch man mit großer Wahrscheinlichkeit in den meisten Fällen seinen Charakter erkennt. — Fig. 1 und 2 zeigen Stadien, in denen die Chromatinsubstanz sich z. T. um den Nucleolus herum angesammelt hat, z. T. noch die gewöhnliche netzartige Anordnung zeigt.

Eine ähnliche Anordnung des Chromatins hat *Ishikawa* (13) für die Kerne in den Urpollenzellen und Pollenmutterzellen von Allium fistulosum gesehen. Er giebt an (p. 197), daß vor Beginn der Kern-

teilung zu einer gewissen Zeit die Chromatinmassen kugelige Gestalt annehmen, die Nucleolen sich verkleinern und schwer oder (bei manchen Färbemitteln) gar nicht vom Chromatin unterschieden werden können. Ebenso macht er auf die strahligen Fortsätze aufmerksam, die bald von den kugeligen Chromatinansammlungen sich forterstrecken. Diese werden dann später eingezogen, bevor der Kern ins Spiremstadium tritt.

Mottier giebt (15) auf seiner Tafel III, Fig. 31, für Helleborus foetidus bei der Bildung der Kerne der Embryosackmutterzellen ähnliche Bilder wie hier für Corydalis cava etwa Fig. 3—6. Im übrigen habe ich keine genaueren Angaben in der Litteratur über diese eigentümliche Chromatinansammlung gefunden, so weit verbreitet sie wohl sein dürfte, außer den *Buscalioni*'schen, der unter dem Namen von «Chromatolysen» und «Pyknosen» ähnliche Erscheinungen wie etwa Fig. 1 und 2 beschreibt.

Nunmehr wollen wir zu den Kernteilungen selbst übergehen, nachdem wir die vorbereitenden Stadien des ruhenden Kernes kennen gelernt haben. Ich will kurz folgendes von ihnen hervorheben: Die aufeinanderfolgenden Phasen waren meist gut an einem Präparate zu sehen, weil die Teilungen stets nach einer bestimmten Richtung hin weiter gehen und zwar von dem Mikropylar-Ende nach der Chalaza zu, wie schon *Strasburger* bemerkt. Das Spirem war öfter durch seine überaus lockeren Fäden ausgezeichnet (Fig. 8), die Aufeinanderfolge von Chromatinscheibchen und Lininsubstanz war in den Chromosomen meist gut zu sehen; dagegen war die Längsspaltung der letzteren in so frühem Stadium nicht nachzuweisen. Zuweilen zeigte sich nur nach dem Zerfall in die Chromosomen eins von ihnen an einem Ende deutlich ein wenig gespalten. Die Längsspaltung wird erst deutlich bei dem Auseinanderweichen der Tochter-Hälften nach den beiden Polen. Nach dem Zerfalle des Chromatinfadens in die Chromosomen bekommen wir Bilder wie Fig. 9; der Nucleolus blieb meist sehr lange erhalten. Das Zusammenlegen der Chromosomen zur Äquatorialplatte zeigt uns Fig. 10, auf diesen Stadien waren die Spindelfasern meist nicht sehr deutlich zu verfolgen. Darauf wandern wie gewöhnlich die Chromosomen zu den beiden Polen und bilden sich die Tochterkerne. Während dieser letzten Vorgänge war es mir allein möglich, eine Vorstellung über die Zahl der Chromosomen zu bekommen. Meist war es insofern schwierig, als die Chromosomen miteinander zu verschmelzen eine große Neigung hatten. In einigen Fällen lagen sie aber isoliert, wie etwa in Fig. 11. Im oberen Teile war auch hier teilweise Verschmelzung

eingetreten, so daß die Chromosomenzahl nicht festzustellen war, anders lag's dagegen für den unteren Teil. Wie auf der Fig. 11 zu sehen, kann man hier mit ziemlicher Sicherheit 12 Chromosomen unterscheiden, wobei ich bemerken will, daß ich die in den verschiedenen optischen Ebenen sichtbaren Chromosomen der Übersichtlichkeit halber in eine Ebene projiziert habe. Einige andere Male zählte ich 14—16 Chromosomen einigermaßen deutlich. Jedenfalls ist 12—16 Chromosomen die normale Zahl.

Im übrigen ist die Zahl der Chromosomen sehr schwankend. So unwahrscheinlich mir a priori die Thatsache war, daß das «Princip von der konstanten Anzahl der Chromosomen»[1]) hier nicht durchgängig Anwendung finden sollte, so belehrten mich, wie sofort gezeigt werden soll, die große Anzahl der abnormen Kernteilungen hiervon. Aus den Fig. 12 bis 14 geht klar hervor, daß sehr häufig ganz ungleiche Mengen von Chromatin an die beiden Pole befördert werden. Den Vorwurf, daß dieses Artefakte sein könnten, möchte ich dadurch für entkräftet halten, daß solche unregelmäßigen Figuren mitten unter solchen lagen, die keine Spur von der schematischen Kernteilung abwichen. Ein weiterer eigentümlicher Fall liegt in Fig. 15 vor, wo zwei Tochterkerne der nebeneinanderliegenden Kernspindeln verschmolzen zu sein scheinen, während die anderen Enden der Spindeln getrennt sind. Solche Fälle, wie die erwähnten, zeigen doch wohl mit ziemlicher Evidenz, daß von einer gleichmäßigen Anzahl von Chromosomen in jedem Kerne keine Rede sein kann, und wir dürfen weiter folgern, daß in einem Kerne, der einmal mit einer unregelmäßigen Anzahl von Chromosomen versehen ist, auch bei nachfolgender «normaler» Teilung diese abnorme Zahl erhalten bleiben muß. Man beachte doch einmal Fig. 14; an einem Ende ist eine verschwindend geringe Menge Chromatin gegenüber dem, das am anderen Ende liegt! (Selbstverständlich habe ich mich vergewissert, daß durch das Mikrotommesser nicht derartige ungleiche Teilungen zustande gekommen sind.) Und sehen wir einmal Fig. 12 an! Hier ist das Chromatin in eine große Anzahl von Stücken zerteilt, die von ganz ungleicher Größe sind. Nachträglich werden diese wohl wieder in den beiden Tochterkernen, allerdings in ganz ungleicher Anzahl, verschmelzen.

Von anderen Bildern, die ich abweichend von den schematischen sah, will ich noch folgende angeben. Sehr häufig waren solche zu

[1]) Wie es zuerst von *Boveri* (2. Heft III, p. 59) in dem Satze ausgesprochen wurde: «Für jede Species ist die Zahl der Chromosomen konstant, d. h. in den karyokinetischen Figuren homologer Zellen finden sich stets die gleichen Zahlen».

finden, die, wie *Buscalioni* (3) sie nennt, «cromosomi in ritardo» hatten. Es sind dies bekanntlich die Fälle, in denen ein Teil der Chromosomen noch weit entfernt vom Pole an den Spindelfasern hängt, während die meisten Chromosomen schon an den Polen angelangt sind. Fast immer kommt bei solch abnormen Fällen, wie Fig. 12—14, dieses Verhalten vor, doch auch in sonst ganz normalen wie Fig. 16, sehen wir es häufig genug. Desgleichen lagen oft noch viele Chromosomen um den neugebildeten Kern herum, die noch nicht in ihm eingezogen waren (Fig. 17), ganz zu schweigen von den Fällen, bei denen nur die Enden der Chromosomen noch aus dem neugebildeten Kern herausragten.

Schließlich will ich noch, nunmehr zum normalen Typus zurückkehrend, auf Bilder wie Fig. 18 zu sprechen kommen; die Tochterkerne sind vollständig fertig, die Spindelfasern noch vorhanden. Das Chromatin ist in den neugebildeten Kernen in der eigentümlichen Weise angeordnet, wie wir es oben für ein gewisses Stadium der ruhenden Kerne geschildert haben.

Jetzt wollen wir auf die Funde *Buscalioni*'s (3) eingehen, der ähnliche Kernteilungen beschreibt, wenngleich er eine sehr viel größere Zahl von Unregelmäßigkeiten angiebt. P. 63 sagt er zusammenfassend über die Teilungen im Endosperm von Fritillaria (im wesentlichen gilt dasselbe auch für Leucojum): «Nei semi già abbastanza evoluti si mostrano pure frequentissimi i processi cariocinetici abnormi. Per lo più si tratta di filamenti cromatici che non si sono ancor completamente ritirati, assieme agli altri, verso i poli nella fase di gomitolo secondario, oppure collegano ancora i due nuclei secondari, attraversando in tutta la sua lunghezza il campo occupato dai filamenti acromatici connettivali . . .

Fra le altre forme cariocinetiche abnormi dobbiamo segnalare la presenza di cromosomi indipendenti disseminati nel fascio di filamenti acromatici, o nel protoplasma circostante al nucleo, le mitosi asimmetriche dovute per lo più a fusione di due nuclei figli vicini, anzichè ad una ripartizione ineguale dei cromosomi nelle due metà nucleari di una stessa figura cariocinetica, le cariocinesi multipolari ed altre forme infine già descritte dal *Dixon.*» Letztere sind die «amitosenähnlichen», auf die wir noch zu sprechen kommen werden. — Über die Zahl der Chromosomen giebt *Buscalioni* niemals genauere Angaben, nur einmal, p. 83, für gewisse Kerne bei Vicia Faba, die in «karyokinetischer Fragmentation» begriffen sind, sagt er, sie betrage 60—100; also auch hier ist sie sehr schwankend!

Weiterhin will ich noch die mir bekannten Litteraturangaben heranziehen, die beweisen sollen, wie häufigen Schwankungen die Chromosomenzahl gerade im Endosperm und den umliegenden Geweben unterworfen ist.

Strasburger (23) erwähnt betreffs der Thatsache, daß das Princip von der Konstanz der Chromosomen durchbrochen wird, p. 831: «Vielfach fielen *Guignard* und mir die Schwankungen der Chromosomenzahl innerhalb des Nucellar- und Integumentgewebes der Samenanlagen auf. So auch fand *Guignard* (9) p. 187 bei Lilium-Arten, daß der untere Embryosackkern, der zur Anlage von Antipodenzellen verwandt wird, nicht 12 Chromosomen wie der obere den Eiapparat bildende Kern, vielmehr häufig 16, 20, ja selbst 24 Chromosomen bei Eintritt in die Prophase ausbildet», und weiter «daher man in den Endospermkernen von Lilium zum mindesten 24, meist aber mehr als 24 Chromosomen antrifft, ungeachtet diese Kerne jener Generation angehören, der typisch nur 12 Chromosomen zukommen». Dieselbe Schwankung soll nach Angaben von *Dixon* für Pinus silvestris gelten, und weiter sagt *Strasburger,* resumierend (p. 838): «Es scheint somit die Chromosomenzahl als solche eine tiefere Bedeutung nicht zu haben».

Desgleichen macht *Mottier* (15) p. 135 weitere Bemerkungen zu diesem Thema, indem er angiebt, daß er sogar 30 Chromosomen für den bei *Strasburger* erwähnten Fall von Lilium gezählt hat, «doch gewöhnlich seien 20—24 vorhanden». Und weiterhin p. 138: «Von den zwei im Chalazaende des Embryosackes liegenden Kernen kann der untere auffallende Eigentümlichkeiten während der Teilung zeigen. Die Teilung des oberen von diesen beiden Kernen, welche einen Polkern und einen Antipodenzellkern liefern wird, ist vollkommen normal. Die Zahl seiner Chromosomen ist dagegen schwankend und kann 20 und mehr betragen. Der untere der beiden Kerne kann sich auch auf dieselbe Weise teilen mit der zugenommenen Chromosomenzahl. Doch kann es öfters vorkommen, daß er sich gar nicht teilt, oder die Teilung des Chromatins kann sehr abnorm sein . . . Bei dieser Teilung erhält nicht jeder Tochterkern eine gleiche Menge Chromatin, vielmehr waren die Massen, wie ich sie beobachten konnte, welche nach den Polen wanderten, von sehr verschiedener Größe.»

Ebenso giebt Miß *Sargant* (19) p. 465 für denselben Fall von Lilium an: «The exact number of the chromosomes in the chalazal nucleus is of less importance . . . among twenty-five spindles in which the chromosomes could be approximately counted, one had

about twenty, nine about twenty-four, five about twenty-eight, and ten about thirty-two chromosomes».

Auf die ganze Frage bin ich so ausführlich eingegangen, nicht bloß weil sie theoretisches Interesse bietet, sondern auch weil sie von Wichtigkeit für die Beurteilung der Chromosomenanzahl nach der Verschmelzung der Kerne ist.

Es bliebe nun noch übrig, die Frage aufzustellen, wie solche Unregelmäßigkeiten in der Mitose, wie wir sie oben geschildert haben, entstehen mögen. Ich glaube, daß sie vielleicht mit der beschleunigten Teilung zusammenhängen mögen, die in dem Embryosack-Wandbeleg vor sich geht. Wahrscheinlich spielt aber die wechselnde Temperatur die größte Rolle dabei. *Chas. F. Hottes*[1]) wird in seiner demnächst zu veröffentlichenden Arbeit die Einwirkungen der Temperatur auf die Kernteilungen ausführlich behandeln, und wir werden dann sehen, wie mächtige Veränderungen ein Umschlag der Temperatur hierbei hervorrufen kann.

Die Tage, an denen ich derartige unregelmäßige Teilungen beobachten konnte, waren hauptsächlich diejenigen, bei denen der Abend und die Nacht vorher recht kühl gewesen waren und bei denen dann am Tage selbst eine starke Erwärmung eintrat. So hatte an einem Abende ein Gewitter die Luft so weit abgekühlt, daß in der Nacht das Minimum nur etwa 5° C. betrug. Von 8 Uhr morgens an erfolgte rasche Erwärmung, und kurze Zeit darauf, etwa um 11 Uhr, fixierte ich die Objekte. Um diese Stunde betrug die Temperatur an dem Orte, an dem Corydalis wuchs, bereits 25° C. Daß ein derartig schneller Temperaturwechsel geeignet sein könnte, solch abnorme Teilungen hervorzurufen, erscheint mir sehr wahrscheinlich. Dazu kommt die weitere Thatsache, daß die Tage, an denen gleichmäßigere Temperatur herrschte, sehr wenige, wenn nicht überhaupt keine Unregelmäßigkeiten in der Teilung zu Tage treten ließen.

b) Der Beginn der Zellteilung.

Sehen wir uns jetzt die Vorgänge an, durch welche die Kerne des Embryosack-Wandbeleges in Zellen eingeschlossen werden. Wie wir wissen, legen sich die Zellwände in den bekannten sonnenförmigen Fadensystemen an, welche von einem Kern zum andern reichen. Diese haben nichts mit den Spindelfasern zu thun, sondern beginnen

---

[1]) Die Arbeit ist von *Strasburger* (25) angekündigt worden; auch persönlich hatte ich im Bonner botanischen Institute durch die Liebenswürdigkeit von Herrn *Hottes* Gelegenheit, eine Menge der durch die Temperatur beeinflußten Kernteilungen zu sehen.

sich erst zu zeigen, wenn die Kernteilungen aufgehört haben. Es geschieht, wie auch *Strasburger* in seinem Werke: Zellbildung und Zellteilung angiebt, dies erst zu einer Zeit, in der der Embryosack ziemlich seine definitive Größe erreicht hat. Das bis dahin unregelmäßig gekörnelte Plasma ordnet seine Körnchen in radiale Reihen an, die, wie schon hervorgehoben, einen Kern mit dem anderen verbinden. Corydalis cava unterscheidet sich von der sonst vorkommenden Art und Weise dadurch, daß derartige Verbindungsfäden durchaus nicht zwischen allen Kernen angelegt werden, so daß sich auch nicht zwischen allen Scheidewände ausbilden. So werden stets mehrere Kerne in eine Zelle eingeschlossen, meist 3—4; doch sind auch 7 Kerne (Fig. 19) keine Seltenheit und selbst über 10 kommen vor.

Die Bildung der Scheidewände geht so vor sich, daß die Verdickungspunkte der kinoplasmatischen Fasern in der Äquatorialgegend miteinander zu einer einheitlichen Platte verschmelzen, die sich dann spaltet und in den so entstandenen Zwischenraum die junge Membran ausscheidet. Die Fig. 20 und 21 lassen dies deutlich erkennen. Schon Mademoiselle *Sokolowa* (20) macht für die Gymnospermen ähnliche Angaben. P. 22 bemerkt sie, daß kurz vor der Scheidewandbildung das Plasma zwischen den Kernen seine Struktur verändere, es treten auf «les séries radiales des granules, reliant les faces des noyaux aux plans de division». In ihnen bilden sich dann die «plaques cellulaires» aus und in deren Mitte die junge Membran (p. 24) «. . . une couche grisâtre très mince, et composée de granules délicats et fins, constituant la jeune membrane». Sie opponiert gegen *Strasburger,* der 1880 noch erklärt hat, daß «la plaque cellulaire se transforme immédiatement en membrane». In seinem 1898 erschienenen Werke: Die pflanzlichen Zellhäute (24), in dem er die strittige Frage mit Hülfe der modernen mikroskopischen Technik wieder-aufgenommen hat, ist er bekanntlich ebenfalls dazu gekommen, an seinem Objekt: Pollenmutterzellen das Auseinanderweichen der plasmatischen Platten in der Mitte zu beobachten, sowie daß die junge Membran in diese dadurch entstandene Lücke abgeschieden wird. Hier im Embryosack von Corydalis liegt dafür ein sehr günstiges Objekt vor; die junge Membran ist natürlich noch sehr wenig resistent, und so genügt ein leichter Druck auf das Deckglas, die Zellen zu trennen, zwischen denen sich die Membran schon gebildet hat. Wo die Membran noch nicht angelegt ist, halten die Zellen auch noch gut zusammen und kann man so leicht an einem Präparate die fortschreitenden Stadien erkennen.

Die Bildung der Scheidewände geschieht nicht gleichzeitig im Embryosack, sondern schreitet von dem Mikropylar- zum Chalazalende fort.

Fig. 21 zeigt uns auch, wie die Zellwände aufeinanderstoßen und wie dabei die Verbindungsfäden meist an der Stelle, an der sich die Membran anlegt, unter einem Winkel zusammentreffen. Nach dem inneren Hohlraum bleiben die Zellen anfangs offen. Darin stimme ich mit Mademoiselle *Sokolowa* (20) überein, die für die Gymnospermen angiebt (p. 7), daß die Zellen «libres au dedans» wären. Das nach der Höhlung zu gelegene Ende der Zellen ist stets mit dichtem Plasma angefüllt, auch der Zellkern hat sich meist dieser Seite genähert. Das Fehlen einer Membran wurde in diesen Stadien bewiesen durch den Umstand, daß wir den Abschluß der Zelle niemals in einer ganz geraden Linie fanden, daß stets zahlreiche Körnchen, Öl- und Fetttröpfchen den Rand sehr unregelmäßig erscheinen lassen.

c) Die Kernverschmelzung und das Verhalten der Nucleolen.

Durch Teilung werden meist erst zwei Zelllagen erzeugt, bevor die Verschmelzung der Kerne eintritt, wie auch schon *Strasburger* angiebt. Doch erleidet diese Regel sehr viele Ausnahmen, da ich sehr oft Verschmelzungen konstatierte, wo erst eine Reihe von Zellen vorhanden war. Daß die Kernverschmelzung überhaupt stattfinde, ist zuerst von *Strasburger* (22) mitgeteilt worden, wie schon in der Einleitung angegeben wurde. *Hegelmaier* (11) tritt für seine Objekte dem entgegen, daß Kernverschmelzungen stattfinden. Er giebt an, daß im Endosperm der Pflanzen der Einschluß mehrerer Kerne in eine Zelle keine Seltenheit sei, fährt dann aber fort (p. 83): «Ich habe mich vergeblich bemüht, Zustände zu finden, die für das Stattfinden nachträglicher Kernverschmelzungen mit Entschiedenheit sprechen würden, mich dagegen überzeugt, daß bei dem nachträglichen sehr bedeutenden Wachstum der betreffenden Zellen . . . die Scheidewandbildungen nachgeholt werden: häufig kann man kleine Zellenkomplexe auffinden, welche unverkennbar aus einer einzigen mehrkernigen Mutterzelle durch nachträgliche Fächerung hervorgegangen sind». Letzteres kommt allerdings auch für Corydalis, wenn auch selten, vor, wie z. B. Fig. 22 zeigt, wo noch deutlich zu sehen ist, daß eine spätere Teilung hier vorliegt, denn in den umliegenden Zellen sind die Zellwände schon alle vollständig ausgebildet, die Verbindungsfäden der Kerne verschwunden. In dem Komplex von Zellen, der in Fig. 22

uns vorgeführt ist, ist dies noch nicht der Fall. Auch ist zu bemerken, daß nur 2 und 1 Kern hier für sich in eine Zelle eingeschlossen bleiben.

Buscalioni erwähnt insbesondere für Leucojum p. 70 die häufige Thatsache, daß in den jungen Stadien vielkernige Zellen zu beobachten sind, während man im Alter nur einen Kern in jeder Zelle findet. Eine Verschmelzung will auch er wie *Hegelmaier* für sein Objekt nicht beobachtet haben, und die gleichen Angaben macht er für Vicia Faba. — Allgemein ist aber der Vorgang der Zellkernverschmelzung bei Corydalis cava, und zwar geht er in folgender Weise vor sich: Die in einer Zelle liegenden Kerne nähern sich einander (Fig. 23), aber durchaus nicht alle gleichzeitig, bis zur Berührung, platten sich dann gegeneinander ab (Fig. 24) und lösen ihre Kernwände an den zur Berührung kommenden Stellen auf. Wir bekommen sodann Bilder, die zwar noch die Einschnitte der einzelnen Kerne zeigen (Fig. 25—30), auf denen die Kerne aber schon verschmolzen sind. Allmählich rundet sich nun der Kern ab. Häufig erfolgt nun auch eine Verschmelzung der Nucleolen, wie Fig. 25—30 zeigen. Diese tritt mitunter schon ein, während die Kerne noch in Verschmelzung begriffen sind, mitunter auch erst ein wenig später. Dabei entstehen oft merkwürdige Figuren wie z. B. Fig. 27, wo 2 Nucleolen sattelförmig verschmelzen, oder Fig. 29, wo wir fast die Form eines Hutpilzes dabei erhalten. Zwei sehr häufige Formen zeigen uns ferner die Fig. 31 und 32. *Strasburger* und nach ihm *van Tieghem* (26) p. 492 erwähnen diese Nucleolen-Verschmelzung nicht.

Ebenso häufig bleiben aber auch die Nucleolen unverschmolzen, und treten dann die Kerne mit mehreren Nucleolen in Teilung. Aus der Anzahl der Nucleolen auf die Anzahl der verschmolzenen Kerne zu schließen, wie *Strasburger* es bei dem damaligen Stande der mikroskopischen Technik noch thun zu dürfen glaubte, möchte ich somit für ausgeschlossen halten. So ist Fig. 33 aus wahrscheinlich mehr als aus 2 Kernen entstanden und Fig. 34, die einen aus Verschmelzung mehrerer Kerne hervorgegangenen Kern darstellt, wie das aus seiner Größe ersichtlich ist, zeigt nur einen Nucleolus. Hier sind also Nucleolen miteinander verschmolzen und haben sich auch zu einem runden Nucleolus zusammengethan.

Daß die Größe der verschmolzenen Kerne weit beträchtlicher ist, als die der unverschmolzenen, mögen einige Messungen erläutern. So fand ich ein paar willkürlich herausgegriffene Kerne vor ihrer Verschmelzung 13 μ lang, 9 μ breit, oder 12 μ lang, 8 μ breit —

10 μ lang, 10 μ breit, endlich 8 μ lang, 8 μ breit; nach ihrer Verschmelzung hingegen 30 μ lang, 17 oder 23 μ breit — je 16 μ lang und breit, 17 μ lang, 14 μ breit, 25 μ lang, 23 μ breit. Als besonders gutes Beispiel will ich Fig. 30 erwähnen. Hier war die Länge 50 μ, die Breite wechselnd 13, 7 und 10 μ.

Bleiben wir der Übersichtlichkeit halber auch gleich bei dem weiteren Schicksal der Nucleolen.

Wie selbstverständlich, werden bei der nächstfolgenden Teilung der Kerne die Nucleolen aufgelöst. Bilden sich nun die Tochterkerne aus, so fällt auf, daß wieder häufig zahlreiche Nucleolen auftreten, häufig ebenfalls wieder nur 1 Nucleolus vorhanden ist. Ob dies dieselben Kerne sind, die auch vor der Teilung viele respektive 1 Nucleolus hatten, ob also eine gewisse Tendenz zu ähnlicher Anordnung der Nucleolar-Substanz in aufeinanderfolgenden Teilungen vorliegt, entzieht sich naturgemäß unserer Kenntnis.

Nucleolenverschmelzungen kommen auch noch in sehr viel späteren Stadien vor (ebenso wie mitunter auch Kernverschmelzungen nachgeholt werden). So finden wir, wenn fast die ganze Höhlung des Embryosackes mit Endosperm-Gewebe ausgefüllt ist, noch sehr viele Kerne mit vielen Nucleolen, darunter auch Verschmelzungen. Ja wenn bereits in den ganz alten Stadien die ganze Höhlung verschwunden ist und die einzelnen Zellen dicht mit Stärke angefüllt sind, sehen wir stets noch viele Kerne mit 2—3, ja auch mehr Nucleolen. Doch haben verhältnismäßig die meisten Kerne nur 1 Nucleolus. Ganz bis zur vollständigen Verschmelzung der Nucleolar-Substanz in einen Nucleolus in allen Kernen scheint es niemals zu kommen.

Wie schon einmal erwähnt, können auch nachträglich Scheidewände gebildet werden oder 2 vorhandene Kerne können sich, ohne miteinander zu verschmelzen, unabhängig voneinander teilen, wie Fig. 35 zeigt. Hier wäre dann freilich noch eine nachträgliche Verschmelzung möglich.

Wie soll man sich nun erklären, daß so durchgängig bei Corydalis cava eine Verschmelzung der Kerne eintritt? *Strasburger* deutet schon darauf hin, daß dies möglicherweise davon abhängen könne, daß es der Zelle an Cellulose-Substanz zur Bildung von genügenden Zellwänden mangelt. So würden also mehrere Kerne in je eine Zelle eingeschlossen. Sekundär würde dann erst die Verschmelzung eintreten, vielleicht deshalb, weil polyenergide Zellen für den weiteren Teilungsmodus und den weiteren Zellenbau der Pflanze unbequem sind und so jedesmal ein Centrum hergestellt werden soll. Viel-

leicht auch deshalb, weil bei dem schnellen (und unregelmäßigen) Wachstum der Kerne das Chromatin höchst unregelmäßig verteilt ist und die einzelnen Kerne nach Ergänzung verlangen. Es wäre dies eine Art «Hunger», wie *Dangeard* sagen würde.

Man könnte auch daran denken, daß durch die Kernverschmelzungen ein ähnlicher Anreiz zur schnelleren, weiteren Teilung vorliegt, wie es der Fall zu sein scheint bei dem Verschmelzen des männlichen und weiblichen Kernes oder bei der von *Nawaschin* und *Guignard* angegebenen Verschmelzung der beiden Polkerne mit einem Kerne des Pollenschlauchs. Freilich wäre dann unklar, warum nicht überall im Endosperm eine derartige Verschmelzung eintritt.

Ich wollte hier nur auf die Möglichkeiten hinweisen, die eine Kernfusion erklären könnten; ich bin mir dessen wohl bewußt, daß sie nur Hypothesen sind. *Dangeard* (5) erwähnt in seinem neuesten Werke zwar die von *Strasburger* beobachtete Verschmelzung bei Corydalis cava, giebt aber keine Theorie darüber. Er sagt nur p. 99: «Les noyaux sont destinés à disparaître avec l'albumen; dans aucun cas, ils ne sont transmis à une nouvelle plante; les fusions nucléaires qui leur donnent naissance ont donc une valeur encore moindre que celles des macronucleus chez les Infusoires». Dem kann ich natürlich nur beistimmen. Die Zahl der Chromosomen ist hier von keinem weiteren Einfluß, daher wird sie von der Pflanze durchbrochen. Es dürfte wohl auch kaum ein anderes Gewebe in der Pflanze geben, in dem die Chromosomenzahl so schwankend ist wie im Endosperm. Die Integumentzellen könnte man allenfalls hier noch anführen, aber auch diese werden ja meist bald zur Bildung der Samenschale aufgebraucht. Außerdem mögen wohl nur pathologische Fälle gleiche Eigentümlichkeiten zeigen.

d) Die weiteren Teilungen im Endosperm.

Nachdem nun mehr oder minder die Kerne, die in einer Zelle liegen, miteinander verschmolzen sind, oft auch, wenn dies noch nicht vollständig der Fall ist, beginnt die weitere Teilung. Gehen wir kurz auf die einzelnen Stadien der normalen Teilung wieder ein, die ich durch Figuren erläutert habe. Fig. 36 giebt uns ein Bild eines noch ruhenden Kernes kurz vor der Teilung; wir sehen wieder die eigentümliche Anordnung des Chromatins. Fig. 37 zeigt den Beginn des Spirems; wegen der großen Masse des Chromatins zumal in dem abgebildeten großen Kern tritt die schematische Anordnung undeutlich zu Tage. Fig. 38 zeigt uns dann ein typisches Spirem. Fig. 39

und 40 sind Stadien, auf denen die Chromosomen nach der Äquatorialplatte wandern, auf letztere Figur kommen wir gleich ausführlich zu sprechen. Fig. 41 giebt uns sodann eine schöne, dicke Äquatorialplatte; Fig. 42 zwei Dispireme und Fig. 43 endlich die beiden fertigen Tochterkerne. Wieder ist die eigentümliche Chromatinstruktur hier zu bemerken.

Interessant ist vor allem bei diesen Teilungen zu sehen, wie der Chromosomenreichtum verwertet wird. Man könnte auf die Vermutung kommen, daß eine Reduktion der Chromosomenzahl vorgenommen werde, etwa ähnlich der bei Bildung der männlichen und weiblichen Sexualkerne erfolgenden. Aus folgenden Gründen halte ich aber etwas Derartiges hier für ausgeschlossen.

Einmal könnte man überall genau die Chromosomen zählen, aber das ist hier mit sehr großen Schwierigkeiten verknüpft. Schon vorher bei der verhältnismäßig geringen Anzahl von Chromosomen hielt es schwer, über ihre Zahl ins klare zu kommen, weil die Chromosomen ziemlich dick sind und leicht miteinander verschmelzen. Doch ist es ja auch gar nicht einmal nötig, die genaue Zahl festzustellen, denn ob 12 (resp. 16) Chromosomen oder 3—4 × 12 (resp. 16) — im Durchschnitt gerechnet — vorhanden sind, kann auch abgeschätzt werden. In einem Falle (Fig. 40) konnte ich etwa 43 zählen, außerdem lagen noch einige Trümmer da, so daß wohl 48 im ganzen da sein könnten; in anderen Fällen sah ich einige 30 Chromosomen. Im übrigen verweise ich auf die Abbildungen, die am besten davon eine Vorstellung geben können. Man vergleiche nur einmal Fig. 36—43 mit den entsprechenden vor der Verschmelzung: Fig. 8—11 und 18, die bei derselben Vergrößerung gezeichnet sind.

Fernerhin haben wir seit den Untersuchungen von *Boveri* (2) doch wohl allen Grund anzunehmen, daß die «Individualität der Chromosomen» gewahrt bleibe. Auch *Strasburger* sagt (23) p. 833 und 834 . . «Ungeachtet dessen aber, daß dem ruhenden Kern ein kontinuierliches Fadengerüst zukommt, muß angenommen werden, daß die Chromosomen ihre physiologische Individualität im ruhenden Kerne nicht einbüßen. Denn sonst wäre es unbegreiflich, daß so allgemein sich dieselbe Chromosomenzahl aus dem Kerngerüst in den aufeinanderfolgenden Kernteilungen herausbildet» und folgende Sätze. Und haben wir doch oben gesehen, daß auch schon vorher die Zahl der Chromosomen so überaus schwankend war. Weshalb sollte dann überhaupt eine Reduktion notwendig sein? Ganz abgesehen davon, daß für jeden Kern die Reduktion auf einen anderen Bruchteil seiner

Anzahl vorgenommen werden müßte[1]) und wir bislang eine Reduktion nur für die Bildung der Sexualkerne kennen. Dazu kommt noch, daß, wie wir schon oben erwähnten, *Dangeard* bemerkt, das Gewebe des Endosperms, als dem Untergang geweiht, auch gar nicht dieselbe Regelmäßigkeit der Chromatinmengen in den Kernen braucht wie die anderen Gewebe der Pflanze. Die Konstanz der Chromosomen ist allerdings dann hier aufs schärfste durchbrochen, und vielleicht mag auch nicht immer genau dieselbe Zahl der Chromosomen in den aus der Verschmelzung entstandenen Kernen sich zeigen, als die Summe der ursprünglichen Kerne beträgt, indem einige Chromosomen bei der dichten Lagerung miteinander verschmelzen. Eine Zahlen-Reduktion aber, etwa in dem Sinne der Reduktion bei Bildung der generativen Zellen, muß nach diesen Ausführungen als gänzlich ausgeschlossen erscheinen!

Gehen wir nun noch auf die Unregelmäßigkeiten, die abnormen Kernteilungen im weiteren Verlauf der Endosperm-Bildung ein, so will ich gleich hervorheben, daß zunächst ähnliche vorkommen wie vorher im Wandbelege. Nur fand ich dieselben nicht so häufig. Vielleicht ist hieran der Umstand schuld, daß die Temperaturen, unter denen die Teilungen erfolgten, weit konstanter waren als vorher, eine Thatsache, die durchgängig leicht beobachtet werden konnte.

Besonders erwähnen will ich sodann Fig. 49, ein schönes Beispiel für einen der Fälle, die *Buscalioni* unter dem Namen von «Chromatolysen» oder «Pyknosen» beschreibt: nur ein Teil des Chromatins ist in der bekannten Anordnung ausgebildet, der Rest hat sich um den Nucleolus geschlungen. Infolgedessen ist das übrige Chromatin ungemein spärlich verteilt.

Dann aber möchte ich eingehender auf einige Fälle von «Amitose» zu sprechen kommen, weil sich daran wieder ein größeres theoretisches Interesse anknüpft. Betrachten wir einmal Fig. 46 und 47, so wird man auf den ersten Blick ganz sicher glauben, regelrechte Amitosen vor sich zu haben; bei Fig. 48 könnte man bei Ausbildung der Spindelfasern auf eine Durchschnürung der Kerne in der Mitte schließen, also in ihr eine Art Übergang von der Mitose zur Amitose sehen. Dagegen wird man vielleicht sofort Fig. 45, bei welcher Figur auch noch beide Kerne durch Chromatinbrücken verbunden sind, als einen besonderen Fall der «cromosomi in ritardo» ansehen, als einen Fall, der sich wesentlich in nichts von etwa Fig. 44 unterscheidet.

---

[1]) Man vergleiche nur einmal die beiden Spindeln in Fig. 42, nur drei andere Endospermzellen lagen zwischen ihnen!

Doch gehen wir wieder auf Fig. 46 und 47 ein! Es fehlt hier jede Spur von Spindelfasern, die Kernmembran ist erhalten, die Nucleolen sind in einem Falle sehr zahlreich vorhanden. Dem steht nun die Thatsache gegenüber, daß sich Amitose bis jetzt noch durchgängig als Desorganisationserscheinung oder zum mindesten als ein pathologischer Vorgang erwiesen hat. Und für unser Objekt ist es schwer an Desorganisation zu glauben, weil sich alle Zellen später in gleicher Weise lebenskräftig bei der weiteren Teilung zu zeigen scheinen. Freilich könnte man sich denken, daß speciell in Fig. 46 die Menge der Kerne, die, wie wir sehen, den Kern zusammensetzt, eine pathologische Erscheinung hervorriefe, aber wie wir bald finden werden, ist auch hier eine andere Erklärung denkbar.

Die jüngst erschienene Arbeit von *Nathanson* (16) will Mitosen und Amitosen als ganz gleichwertig und untereinander vertretbar statuieren; aber es scheint mir, als ob wir von den bei Spirogyra durch Äthereinwirkung erhaltenen Resultaten nur äußerst vorsichtig weitere Folgerungen ziehen dürfen.

Derartige Figuren, wie ich sie hier abgebildet, sind, und gerade für das Endosperm einiger Pflanzen, auch sonst schon beobachtet. So fand *Dixon* (8) ähnliches fürs Endosperm von Fritillaria imperialis und sodann Miß *Sargant* (18, 19) für das von Lilium Martagon, Teilungen, die ihnen unzweifelhaft Amitosen zu sein schienen, neben solchen, die, weil die Spindelfasern gut ausgebildet waren, nach ihrer Meinung Übergangsformen zwischen Mitosen und Amitosen darstellten. Da hat nun *Buscalioni* in seiner schon oft citierten Arbeit wenigstens insoweit klärend eingegriffen, als er die *Dixon-Sargant*'schen «Übergangsformen» als reine Mitosen erwies, die nur eine abnorme Anordnung besaßen. P. 40 sagt er: «Ma le figure e le descrizioni . . . . lasciano riconoscere . . . . che qui si hanno soltanto delle cariocinesi abnormi con incompleta separazione dei cromosomi, anzichè dei veri passaggi alle forme di frammentazione». Dafür hat nun *Buscalioni* andere Bilder einer «frammentazione cariocinetica» beschrieben, die die wahren Übergangsformen darstellen sollen. Es tritt nämlich hier zwar Anordnung des Chromatins in Chromosomen ein, die auch Längsspaltung zeigen (das wäre also ein Teil der Mitose!) neben den bei Amitosen vorkommenden Eigentümlichkeiten: dem Persistieren der Kernwandung und dem der Nucleolen. Sind dieses in der That Übergangsformen?

In einer jüngst erschienenen Abhandlung zeigt *Häcker* (10) für das zoologische Gebiet (Cyclops), daß sehr oft scheinbare Amitosen

entstehen in Kernen, die sich mitotisch angefangen haben zu teilen. Es gelang ihm, dies Resultat durch Äthereinwirkung zu erzielen, also mit demselben Reagenz, mit dem *Nathanson* wahre Amitosen erzielt haben will.[1])

Mit den *Häcker*'schen Funden können wir aber sehr gut unsere Bilder bei dem Endosperm in Einklang bringen. Wenn das Reagenz oder irgend ein anderer Faktor, z. B. Temperaturwechsel, frühzeitig eingewirkt hat, zu einer Zeit, da sich erst das Chromatinnetz in Chromosomen gespalten hat, entstehen die Formen von *Buscalioni*'s «karyokinetischer Fragmentation», wenn die Einwirkung erst in einem späteren Stadium geschah, resultieren daraus einmal die von *Dixon-Sargant* beobachteten Bilder und weiterhin die Teilungen, die vollkommen wie Amitosen aussehen.

So brauchen wir, vorausgesetzt, daß die *Häcker*'schen Resultate auch auf das pflanzliche Gebiet übertragbar sind, durchaus keine amitotische Teilung oder Teilungen, die Übergangsformen sind, anzunehmen, sondern alles könnten eben ursprünglich mitotische sein, die durch einen ungünstigen Faktor gezwungen wären, sich so zu modifizieren, daß pseudoamitotische daraus erwüchsen. Wir dürfen wohl auch in dieser Hinsicht Aufklärung erwarten durch die schon einmal erwähnte Arbeit von *Chas. F. Hottes* (annonciert von *Strasburger* [25]).

Für mein Objekt könnte die Möglichkeit, daß die fraglichen Bilder pseudoamitotische wären, allerdings bewiesen werden nur durch Kulturversuche bei entsprechenden Temperaturen.

Es erübrigt noch, darauf einzugehen, wie in den Zellen, die derartige Pseudoamitosen besitzen, die Bildung der Scheidewände vor sich geht. Die Fig. 46 und 47 zeigen auch hier zwei verschiedene Fälle; in einem nämlich hat sich nur von einer Seite her eine Wand ausgebildet, die bis dicht an die Durchschnürungsstelle der Kerne reicht, und wir dürfen wohl annehmen, daß sie sich nach der entgegengesetzten Zellwand erst fortsetzt, wenn die Kerne fertig durchschnürt sind; im zweiten Falle tritt ringsherum gleichzeitig die Bildung der Trennungswand auf. Beide Fälle bildet auch *Buscalioni* ab, den ersteren auf seiner Tafel XX, Fig. 133, den zweiten auf Tafel XVII, Fig. 64. Doch sind nach ihm diese Verhältnisse seltener als der Fall, daß überhaupt keine Scheidewand angelegt und dies erst dann nachgeholt wird, wenn die

[1]) Es besteht somit ein großer Unterschied zwischen den Anschauungen von *Häcker* und *Nathanson*, den letzterer nicht genügend in der Nachschrift seiner Arbeit hervorgehoben hat. *Häcker* will nur Pseudoamitosen, *Nathanson* wahre Amitosen gefunden haben.

Trennung der beiden Kerne vollkommen fertig ist. Diesen Fall habe ich für Corydalis cava nicht beobachtet.

e) Die Endospermentwicklung bei Corydalis lutea und Corydalis ochroleuca.

Coryd. lutea und ochroleuca zeigen trotz ihrer nahen Verwandtschaft zu C. cava eine erhebliche Verschiedenheit in der Endospermbildung. Für erstere erwähnen schon *Strasburger* (22) und *Soltwedel* (21), daß die Entwicklung dieser Pflanze sich von C. cava dadurch unterscheide, daß hier gleich zwischen allen Kernen Scheidewände angelegt werden, eine Verschmelzung von Kernen also überhaupt nicht stattfindet. Allerdings ist dies der normale Fall, unter Umständen können aber doch auch 2—3 Kerne in eine Zelle gemeinsam eingeschlossen werden und zur Verschmelzung gelangen. Besonders ist dies mir am Mikropylarende aufgefallen. Das gleiche wie für Corydalis lutea gilt für die nahe verwandte C. ochroleuca.

Auch sonst sind gelegentliche Kernverschmelzungen beobachtet worden, so von *Strasburger-Soltwedel* bei Pulmonaria, Staphylaea, Leucojum, von *Berthold* bei Anthericum, von Mademoiselle *Sokolowa* bei Juniperus, Beispiele, die sich sicher noch unschwer vermehren ließen. *Buscalioni* will zwar niemals Kernverschmelzungen beobachtet haben, doch glaube ich, daß die Bilder, wie er sie z. B. in Tafel XX, Fig. 130, zeigt, nicht als Sprossungs- (wie er meint), sondern als Verschmelzungs-Erscheinungen zu deuten sein werden, besonders da *Strasburger* an demselben Objekt (Leucojum) sicher Kernverschmelzungen konstatiert hat. Für diejenigen Pflanzen, die nicht wie Corydalis cava ganz allgemein Verschmelzungen haben, können solche daher nicht etwas Wesentliches in ihrem Entwicklungsgang bedeuten. Damit können wir dann auch den *Strasburger*'schen Satz in Einklang bringen (22, p. 27): «Ich glaube überhaupt, daß die Fähigkeit, untereinander zu verschmelzen, den Zellkernen ganz allgemein zukommt».

f) Der Verschluß der an die Höhlung des Embryosackes anstoßenden Zellen durch eine Membran.

Nachdem wir nunmehr das beendet haben, was über die Kernteilungen und Kernverschmelzungen für unsere Objekte zu sagen war, wollen wir auf die Frage nach dem Verschluß der inneren Zellen eingehen. Hierin zeigen alle drei Pflanzen, wie ich gleich bemerken will, dasselbe Verhalten. Wir haben oben gesehen, daß für die jüngsten Stadien ganz sicher eine Membran fehlt, haben auch schon auf die Parallelstelle bei Mademoiselle *Sokolowa* hingewiesen. Wir wollen nun

in erster Linie das aus der botanischen Litteratur zusammenstellen, was noch weiterhin hierüber bekannt ist.

Hegelmaier (11) behandelt die Frage, aber mehr anmerkungsweise, für Adonis und Cotoneaster. Er spricht nur p. 19 von einer «sehr zarten, die Höhle begrenzenden Innenwand der Zelle» auf einem gewissen Stadium bei Adonis, und für Cotoneaster erwähnt er, daß der Innenraum von «glatten, zarten Wänden» begrenzt ist. Wie diese angelegt werden, giebt er nicht an, konnte es bei dem damaligen Stande der mikroskopischen Technik wohl auch nicht feststellen.

Berthold (1) in seiner «Protoplasmamechanik» berührt die Frage ein wenig eingehender für Anthericum, Lilium und Funkia. Für Anthericum sagt er p. 213 . . . «Später wenden sich die Kerne dem Saftraum zu, gegen welchen sich die Plasmamasse mit ziemlich ebener Fläche abgrenzt. Bald darauf schien mir in dieser ganzen Grenzschicht eine zarte Cellulosemembran gebildet zu sein, während die einzelnen Territorien der Kerne zunächst noch nicht voneinander getrennt sind. Gegen den Saftraum ist die neue Membran von einem dünnen Plasmabeleg überzogen.» Bei Lilium Martagon sah er keine Membran, doch . . . «schien dies wieder der Fall zu sein bei Funkia *Sieboldiana*». *Berthold* bemerkt ausdrücklich, daß er die Membran viel früher konstatiert haben will, als *Strasburger* (22) dies für Myosurus angiebt, da nach diesem Forscher hier erst auf einem späteren Stadium eine Membran sich ausbilden soll.

Über die Funde von Mademoiselle *Sokolowa* sprachen wir schon vorher. Sie will aber bis zum Zusammentreffen der Zellen in der Mitte dieselben ungeschlossen lassen, ein Umstand, in dem ich ihr für Corydalis, wie wir sehen werden, nicht zustimmen kann.

Die angeführten Citate von *Berthold*, *Hegelmaier, Strasburger* und Mademoiselle *Sokolowa* sind mir allein über diese Frage bekannt. Man wird mir zugeben müssen, daß sie nicht sehr überzeugend sein können (es übrigens auch nicht wollen!) für die endgültige Lösung der Frage, ob eine Membran für diese Zellen ausgebildet werde oder nicht.

Um überhaupt irgend einen Fall ausfindig zu machen, in dem die in Frage stehenden Zellen im Endosperm ohne den geringsten Zweifel eine Membran ausbilden, zog ich zur Untersuchung einige Palmensamen heran und zwar solche, bei denen das Endosperm auch in ausgewachsenem Zustande im Innern einen Hohlraum aufweist. Es waren dies Hyphaene thebaica, Maximiliana regia und Cocos nucifera. In der That gelang es mir, bei allen dreien eine sehr deutlich ausge-

bildete Membran zu sehen. Hyphaene thebaica (Fig. 50) giebt uns das beste Beispiel dafür; bei T sehen wir auch eine schöne Tüpfelbildung. Maximiliana regia hat, trotzdem sie sonst ziemlich dünnwandige Zellen besitzt, sich nach dem Innenraum mit einer sehr dicken Membran abgeschlossen, die 2—3 mal so dick ist wie die anderen Membranen. Cocos nucifera endlich ist ein etwas ungünstigeres Objekt als die beiden anderen, aber auch hier war eine Membran klar zu sehen (Fig. 51). Die Zellen sind außerordentlich dünnwandig und Schrumpfungen sind schwer bei Fixierung zu vermeiden. Die Abschlußmembran ist sehr dick, von eigentümlich knorpeligem Aussehen mit deutlicher Schichtung, außerdem zeigt sie eine starke Körnelung.

Eine Cellulosefärbung mit Chlorzinkjod ließ sich zunächst bei diesen drei Palmen nicht konstatieren. Nachdem die Präparate aber eine Nacht in Natronlauge gelegen hatten, und die Fettstoffe, die in so reichem Maße in den Zellen vorhanden sind und die Wände durchtränken, durch dieses Reagenz verseift waren, erzielte ich eine schön violette Färbung.

Es sind dies mit einer Ausnahme wohl die ersten sicher festgestellten Fälle für die vegetativen Zellen der Angiospermen, bei denen eine Membran nicht in den bekannten Verbindungsfäden angelegt wird. Sonst wäre nur das Verhalten der Antipoden zu erwähnen, die auf ähnliche Weise eine Membran ausbilden, wenn wir diese als rudimentäres Prothallium ansehen wollen. Wenn sie aber mit *Dangeard* (6) p. 5 als ursprüngliche Gameten aufzufassen sind, fiele auch dieses Beispiel weg.

Gehen wir nun wieder auf unser Objekt: Corydalis ein, so gelingt es auch hier bald, mit unzweifelhafter Deutlichkeit, wenn auch nicht so schön ausgebildet wie bei den Palmen, eine Membran zu finden. Dieselbe wird angelegt, wenn bereits eine mehrschichtige Lage von Zellen da ist. Fig. 52 zeigt, daß sie ihren Anfang nimmt an den Stellen, an denen die radialen Wände an der Hautschicht ansetzen, und von hier aus verbreitet sich dann nach beiden Seiten über den Kern hinaus die weitere Membranbildung, bis sie in der Mitte der Zelle etwa mit der Membran zusammentrifft, die von der nächsten radialen Wand ihren Ausgang genommen. Fig. 53 giebt uns dann ein Stadium, in dem die Membran überall schon fertig ausgebildet ist.

An den Schnitten, die ein wenig die Fläche gestreift haben, sehen wir stets in den jüngeren Stadien, wo also eine Membran noch fehlt, daß noch zahlreiche sonnenförmige Verbindungsfadensysteme da sind, die von einem Kern zum anderen reichen. Ob dies noch die ursprüng-

lichen Fäden des protoplasmatischen Wandbeleges sind, die sich nach dem Innenraum zu erhalten haben, vermag ich nicht bestimmt anzugeben. Doch erscheint es mir wahrscheinlich, weil ich, wenn das ausgebildete Endosperm die verschiedenste Anzahl von Zellreihen aufweist, bei Streifung der Fläche dieselben immer gesehen. Dazwischen haben sich die Wände angelegt, an denen die schon fertigen, radial verlaufenden Zellwände an der Plasmaschicht, die den Innenraum begrenzt, ansetzen. Eine derartige Zelle isoliert würde also an allen Seiten außer einer durch feste Membranen geschlossen sein, und nur die letzte noch zunächst durch eine Plasmaschicht, unter der noch die sonnenförmigen Verbindungsfäden zu sehen sind. Von den fertigen Zellwänden aus verbreitet sich dann, wie wir oben gesehen, die Cellulosebildung über die letzte Seite, die durch die plasmatische Schicht verschlossen ist. Die sonnenförmigen Fäden verschwinden sodann.

Da die Verschlüsse dieser Zellen sehr verschieden rasch vor sich gehen, sehen wir neben schon deutlich ausgebildeten Membranen noch Zellen, die ganz plasmatischen Verschluß haben, sowie Zellen, bei denen die Zellwandbildung von den Seiten her erst begonnen hat.

So dringen wir dann allmählich bis zu dem Stadium vor, bei dem die Zellen im Innern aufeinanderstoßen. Mademoiselle *Sokolowa* hat (p. 40) zu ihrem Bedauern nie den Zustand gefunden, in dem gerade der letzte Teil der Höhlung ausgefüllt wird. Ich war darin für Corydalis glücklicher; nach langem Suchen gelang es mir, und zwar für C. lutea, das gewünschte Stadium zu finden. Fig. 58 giebt uns ein Bild desselben. Noch sind die Spindeln vorhanden, und zwar nur in den auf dem Bilde angegebenen Zellen, was mir ein Grund dafür zu sein scheint, daß dieses in der That die gesuchten sind. Auf der Zeichnung sind diese Spindeln von oben, unten und links oben in diesem Falle in die Lücke hinein abgegliedert. Die letzte Zelle endlich, die ich mir von links unten her in die Höhlung hineinkommend denke, zeigt zwar keinen Kern, doch hat wohl nur das Mikrotommesser diesen in einem darüber- oder darunterliegenden Schnitte gelassen. Die Scheidewände zwischen den neugebildeten und den letzt abgegliederten Zellen sind noch nicht ganz fertig ausgebildet (a), schwach sieht man z. T. noch die früheren Spindelfasern, in denen die Wände angelegt wurden. Bei b stoßen nun die von den verschiedenen Seiten kommenden Zellen zusammen, die Zellwände sind schon deutlich ausgebildet; nur bei c scheint noch eine Membran zu fehlen oder ganz jung zu sein, die nun erst nach Berührung der beiden Plasmakörper dazwischen nachgeholt werden dürfte. Im allgemeinen sind aber, wie

auch dies Bild wieder zeigt, die Zellen schon geschlossen, bevor sie aufeinanderstoßen, ohne daß darum schon überall der Verschließungsprozeß sein Ende erreicht zu haben braucht.

Die Zellen, welche durch rasche Ausfüllung der Höhlung gebildet werden, sind zunächst viel größer als die übrigen. Auch ist ziemliche Plasmaarmut anfangs vorhanden. Wenn nun aber erst einmal die Lücke ausgefüllt ist, erfolgt bald weitere Teilung der großen Zellen in solche von normaler Größe.

Die Stärkekörner treten von außen nach innen auf. In Fig. 54 sind verhältnismäßig noch wenig Stärkekörner, später sind alle Zellen gleichmäßig, die peripherischen wie die centralen, reich damit vollgepfropft. Die Größe der Kerne wie die Anzahl der Nucleolen (worauf wir schon oben eingegangen) sind nach wie vor ungleich geblieben.

IV. Entwicklung der Samenschale.

a) Allgemeines.

Es erübrigt noch, einiges über die eigentümliche Wandverdickung und Balkenbildung zu sagen, die in der Samenschale vor sich geht. *Buscalioni* (4) hat dieselbe zwar schon eingehend beschrieben, aber wie schon gesagt, habe ich manches nachzutragen. Rekapitulieren wir zuerst einmal den Bau der beiden Integumente, aus denen die Samenschale sich bildet. Das äußere Integument hat drei Schichten: 1) große rechteckige prismatische Epidermiszellen mit der größeren Achse in radialer Richtung, 2) kubische Zellen, die kleiner und sehr viel dünnwandiger sind als 1; 3) eine Schicht tangentialgestreckter Zellen. Das innere Integument besteht aus einer Schicht von großen, glasklaren, ganz dünnwandigen, rechtwinkligen Zellen, die bald zerquetscht werden; es folgt eine Reihe kubischer Zellen, die ebenso plasmaarm sind wie die vorige Schicht, und eine Reihe etwas größerer plasmareicherer Zellen. Außerdem ist noch ein ziemlich bedeutender Arillus vorhanden.

Interessant sind nur die Epidermiszellen, die die eigentümlichen Wandverdickungen aufweisen. Sie zeichnen sich zunächst vor den übrigen durch ihren ungeheuren Stärkereichtum aus. Anfangs sind die Stärkekörnchen nur in winzig kleiner Form vorhanden (am besten nachzuweisen, wenn das Plasma in *Javelle*'scher Lauge gelöst und das Präparat mit Gentianaviolett gefärbt wurde). Ihr Maximum erreicht die Stärkeansammlung etwa um die Zeit, in der die ersten Scheidewände im Embryosackwandbeleg auftreten oder schon kurze

Zeit früher. Im Laufe der Wandverdickung werden die Stärkekörner zum größten Teile aufgebraucht, sind aber z. T. noch in ganz alten Stadien zu bemerken. Mit Chlorzinkjod färben sie sich, wie auch schon *Buscalioni* bemerkt, nicht blau, sondern rotbraun. Vielleicht dienen sie dazu, in den komplizierten chemischen Umsetzungsprozeß der Cellulosebildung aus plasmatischer Substanz, von dem wir gleich sprechen werden, einzugreifen.

b) Die Zellwandverdickung und die «Balkenbildung» in den Epidermiszellen.

Über diese Vorgänge mag folgendes gesagt werden:

Zu einer Zeit, in der schon eine Menge Teilungen im Embryosackwandbeleg vorhanden sind, sind die Zellen noch unverdickt, dagegen finden wir, wie schon oben erwähnt, sie dicht mit Stärke vollgepfropft. Das ganze die Zelle erfüllende Plasma kann noch leicht mit *Javelle*'scher Lauge gelöst werden. Sehr bald jedoch, wie auch schon *Buscalioni* beobachtet, tritt am Außenrande ein feines Netzwerk auf, das sich nicht mehr löst und das aus Cellulose besteht. Es ließ vor allem deutlich radiale Stränge hervortreten, die ich sehr gut besonders bei Corydalis ochroleuca ausgebildet fand. Mit Chlorzinkjod färben sie sich, außer den allerjüngsten feinen Strängen, violett, von Schwefelsäure werden sie sofort aufgelöst, viel rascher als die Wand selbst. Kontrollreaktionen wurden mit 5%iger Sodalösung angestellt, die zwar nicht eine vollständige Lösung des Plasmas bewirkte, aber andererseits eine größere Klarheit in Bezug auf die Entstehung der Cellulose-Stränge und -Balken gewährte. Diese erfolgt hier ebenso aus dem Plasma wie im Embryosackauswuchs bei Pedicularis, den ich seiner Zeit beschrieben (27). Der Vorgang selbst scheint genau ebenso zu verlaufen, trotzdem die größere Zartheit der Stränge nicht einen so vollkommenen Aufschluß geben kann wie bei Pedicularis. Doch ist mit größter Wahrscheinlichkeit zu sagen, daß auch hier die Bildung der Balken im Innern der Plasmastränge vor sich geht. Ebenso betont *Buscalioni* p. 6 ausdrücklich . . . «che la metamorfosi si compia dal centro alla periferia della fila di microsomi».

Auch hier erfolgt das weitere Wachstum der Stränge durch Apposition, wie man an einzelnen auf den Strängen sitzenden, bereits verwandelten, aber noch nicht verschmolzenen Körnern sehen kann. Ihre Cellulosenatur läßt sich nach Behandlung mit *Javelle* durch Chlorzinkjod nachweisen.

Diese Cellulosestränge setzen bald auch an den oberen Teilen der Seitenwände an, und wachsen nun unter starker Verdickung ins Zell-

innere hinein, bis sie sich in der Mitte berühren und mannigfach verflechten. Bald nehmen sie fast den größten Teil des Lumens ein, doch liegt zwischen ihnen noch Plasma (Fig. 55). Löse ich es wieder mit *Javelle*'scher Lauge, bekomme ich ein Bild wie Fig. 56. Das Plasma verschwindet immer mehr und mehr, bis es gänzlich aufgebraucht ist. Die Balken verdicken sich noch so lange immer mehr. *Buscalioni* charakterisiert (p. 7) sie als «omogeni anastomantisi, bernoccoluti, terminanti in punta, nelle cui maglie residuano, pochi grumi in via di metamorfosi». Öfter, wenn sonst schon das ganze Plasma verschwunden war, waren, besonders im unteren Teil der Zelle, noch ballenähnliche plasmatische Ansammlungen zu finden. Die Cellulosefäden erreichen nun den Kern und umspinnen ihn. Dieser ist bereits in seiner Form zu dieser Zeit verändert. Ein weit vorgerücktes Stadium zeigt uns Fig. 57. Die Konturen des Kerns sind ganz unregelmäßige, eine Struktur ist nicht mehr zu entdecken. Oft zerbricht der Kern dann in Stücke und ist in ganz alten Stadien ganz aufgebraucht. — Das ganze Zellinnere erscheint nun von äußerst dicht durcheinanderliegenden Balken erfüllt. Außerdem finden wir einen gelben Farbstoff eingelagert, der sich durch *Javelle*'sche Lauge entfernen läßt.

Ich will ferner nicht verfehlen, darauf hinzuweisen, daß hier wie für Pedicularis die Cellulose im wesentlichen aus dem Trophoplasma gebildet werden muß. Die Hautschichttheorie, die *Janse* für Bildung der Caulerpa-Balken angiebt (12), erscheint mir auch hier völlig ausgeschlossen, weil ganz sicher eine Umwandlung der einzelnen Granula stattfindet, die noch unabhängig von den eigentümlichen Strängen daliegen. Auch wurde hier wie für Pedicularis nie eine «Einstülpung der Hautschicht in die Stränge» beobachtet.

Eine derartige Umwandlung des Trophoplasmas wird jedenfalls öfter in Zellen vorkommen, die ihre Lebensfunktion verloren haben und anderen Zwecken dienen. Hier ist es unzweifelhaft ein mechanisches Moment: die Samenschale soll ganz besonders hart und fest gemacht werden, den jungen Samen zu schützen.

c) Das Verhalten des Kerns in den Epidermiszellen.

Buscalioni giebt nichts weiter hierüber an, als daß der Kern in einem gewissen Altersstadium von den Cellulosefäden umschlungen und aufgebraucht werde. Bilder, aus denen die allmähliche Deformation des Kerns zu ersehen wäre, bringt er nicht.

Ich möchte in den Fig. 58—61 einige Kernbilder aus benachbarten Zellen anführen, die eine allmählich fortschreitende Deformation zeigen. Sie sind aus einem Präparate gewählt, in dem sie unter

ganz unveränderten Kernen lagen, um nicht den Gedanken aufkommen zu lassen, daß sie durch die Fixiermittel so verändert sind. Es scheint eine Art Schrumpfung der erste Anfang einer Deformation zu sein; dasselbe erwähnt auch *von Derschau* (7) für die sich sehr verdickenden Zellen, die das Laubmoosperistom bilden. Ebenso zeigen in Fig. 62 zwei Kerne ähnliche Erscheinungen.

Die eben citierte Abbildung ist für uns auch in anderer Beziehung von Interesse, da sie vier voneinander unabhängige Kerne in einer Zelle enthält. Es ließe sich denken, daß diese Vielkernigkeit mit der Verdickung der Membran in irgend einer Weise zusammenhängt.

In Vierzahl habe ich die Kerne nur dieses eine Mal angetroffen, dagegen zuweilen in Zweizahl. Das normale Verhalten ist aber, daß jede Zelle nur einen Kern besitzt. Ebenso erwähnt *von Derschau* für seinen oben angegebenen Fall, daß mitunter zweikernige Zellen anzutreffen seien, und bringt sie auch mit dem Verdickungsprozeß der Membran in Zusammenhang.

d) Schluß-Worte.

Wir haben bis jetzt nur die Epidermis der Samenschale besprochen. Die übrigen Zellreihen bieten für uns aber kein Interesse, so gehen die zweite und dritte Zellschicht des äußeren Integuments, sowie die oberste und unterste Schicht des inneren Integuments sehr bald zu Grunde. Außer der Epidermis bleibt gewöhnlich nur die mittlere der Zellreihen des inneren Integuments bestehen.

Schließlich hat auch schon *Buscalioni* erwähnt, daß auch in den tangentialgestreckten Zellen des äußeren Integuments, die also frühzeitig desorganisiert werden, eine Balkenbildung auftritt. Sie wird zwar nicht so weit ausgebildet wie in der Epidermis, verläuft aber im Princip genau so wie jene.

Wenn ich nun noch hinzufüge, daß bei Corydalis lutea und ochroleuca in der Bildung der Samenschale keine Verschiedenheiten gegenüber C. cava auftreten, so glaube ich für die von mir vorgenommene Untersuchung nichts Wesentliches mehr beizutragen zu haben.

Vorstehende Arbeit, zu der mich Herr Geheimrat *Strasburger* anregte, wurde in den botanischen Instituten zu Bonn und Heidelberg ausgeführt. Herrn Geheimrat *Strasburger* sowie Herrn Geh. Hofrat *Pfitzer*, die mich beide mit wertvollen Winken und Ratschlägen bei Anfertigung der Arbeit unterstützten, erlaube ich mir auch an dieser Stelle meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Heidelberg, im Juli 1900.

Angabe der benutzten Litteratur.

1. *Berthold*, Studien über Protoplasma-Mechanik. 1886.
2. *Boveri*, Zellenstudien. Jena. G. Fischer. 1888. 1890.
   Heft 2. Die Befruchtung und Teilung des Eies von Ascaris megalocephala.
   Heft 3. Über das Verhalten der chromatischen Kernsubstanz bei der Bildung der Richtungskörper und bei der Befruchtung.
3. *Buscalioni*, Osservazioni e ricerche sulla cellula vegetale.
   Annuario del r. Istituto botanico di Roma. 1898. Vol. III.
4. *Buscalioni*, Contribuzione allo studio della membrana cellulare. Giornale Malpighia. Anno VI. Vol. VI. Genova 1892. Parte II. Corydalis cava.
5. *Dangeard*, La reproduction sexuelle des champignons. Étude critique. Le botaniste. 1900.
6. *Dangeard*, Programme d'un essai sur la reproduction sexuelle. Poitiers 1900.
7. *von Derschau*, Die Entwicklung der Peristomzähne des Laubmossporogoniums. Botanisches Centralblatt. Bd. 82. 1900.
8. *Dixon*, Note on the Nuclei of the Endosperm of Fritillaria imperialis. Proceedings of the royal Irish Academy. 1895.
9. *Guignard* (citiert nach *Strasburger*), Nouvelles études sur la fécondation. Annales des sciences naturelles de Botanique. 7. série T. XIV. 1891.
10. *Häcker*, Mitosen im Gefolge amitosenähnlicher Vorgänge. Anatomischer Anzeiger. XVII. Bd. 1900.
11. *Hegelmaier*, Untersuchungen über die Morphologie des Dicotyledonen-Endosperms. Nova acta der Kgl. Leop. Carol. deutschen Akademie der Naturforscher. 1885.
12. *Janse*, Bewegung des Protoplasmas von Caulerpa prolifera. Pringsheim's Jahrbücher. 1890.
13. *Jshikawa*, Studies of reproductive elements. III. Die Entwicklung der Pollenkörner von Allium fistulosum *L.* Journal of the College of Science Imperial University Tokyo-Japan. Vol. X. Pt. II. 1897.
14. *Lee* und *Mayer*, Grundzüge der mikroskopischen Technik für Zoologen und Anatomen. Berlin 1898.
15. *Mottier*, Über das Verhalten der Kerne bei der Entwicklung des Embryosackes und die Vorgänge bei der Befruchtung. Pringsheim's Jahrbücher. 1898.
16. *Nathanson*, Physiologische Untersuchungen über amitotische Kernteilung. Pringsheim's Jahrbücher. 1900.
17. *Nemec*, Über die karyokinetische Kernteilung in der Wurzelspitze von Allium Cepa. Pringsheim's Jahrbücher. 1899.
18. *Sargant*, On direct Nuclear Division in the Embryosac of Lilium Martagon. Annals of Botany. X. 1896.
19. *Sargant*, The Formation of the Sexual Nuclei in Lilium Martagon. Annals of Botany X. 1896.
20. *Sokolowa*, Naissance de l'endosperme dans le sac embryonnaire de quelques Gymnospermes. Moscou 1891.
21. *Soltwedel*, Freie Zellbildung im Embryosack der Angiospermen. Jenensische Zeitschrift für Naturwissenschaft. Bd. 15.
22. *Strasburger*, Zellbildung und Zellteilung. III. Auflage. Jena 1881.

23. *Strasburger*, Über periodische Reduktion der Chromosomenzahl im Entwicklungsgang der Organismen. Biolog. Centralblatt. 1894.
24. *Strasburger*, Die pflanzlichen Zellhäute. Pringsheim's Jahrbücher. 1898.
25. *Strasburger*, Über Reduktionsteilung, Spindelbildung, Centrosomen und Cilienbildung im Pflanzenreiche. Jena. G. Fischer. 1899.
26. *van Tieghem*, Traité de Botanique. Paris 1891.
27. *Tischler*, Über die Verwandlung der Plasmastränge in Cellulose im Embryosack bei Pedicularis. Berichte der Königsberger physikalisch-ökonomischen Gesellschaft. Jahrgang 40. 1899.
28. *von Wasielewski*, Über die Fixierungsflüssigkeiten in der botanischen Mikrotechnik. Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie und für mikroskopische Technik. Bd. XVI. 1899.

Erklärung der Figuren.

Tafel VIII.

Fig. 1—7. Eigentümliche Struktur des Chromatins in einem Stadium des ruhenden Kerns. Vergr. 1540.

Fig. 8—18. Kernteilungen im Embryosackwandbeleg. Vergr. 1540.

Fig. 8. Spirem. Nucleolus durch das Mikrotommesser herausgerissen. Sehr lockeres Fadengerüst.

Fig. 9. Zerfall des Chromatinfadens in die Chromosomen; der Nucleolus bleibt noch bestehen.

Fig. 10. Äquatorialplatte.

Fig. 11. Weichen der Chromosomen nach den Polen. Unten 12, oben in unbestimmter Anzahl.

Fig. 12—14. Unregelmäßige Teilungen; infolgedessen werden ungleiche Chromatinmengen nach den beiden Polen befördert.

Fig. 15. Verschmelzung zweier nebeneinanderliegenden Tochterkerne zweier Spindeln zu einem. Die anderen Enden der Spindeln sind getrennt.

Fig. 16. «Cromosomi in ritardo.»

Fig. 17. Ein großer Teil der Chromosomen noch nicht in den neuen Kern eingezogen.

Fig. 18. Eigentümliche Anordnung des Chromatins in den Tochterkernen.

Fig. 19. Zelle mit sieben eingeschlossenen Kernen. Vergr. 1100.

Fig. 20—21. Anlage der Scheidewand in den Verbindungsfäden. Die Fasern erscheinen an der Stelle der Bildung z. T. umgeknickt. Die Spaltung der Verbindungsplatte deutlich zu sehen. Vergr. 1100.

Fig. 22. Nachträgliche Ausbildung von Scheidewänden, so daß nur 1 oder 2 Kerne in je eine Zelle zu liegen kommen. Vergr. 1100.

Fig. 23. Aneinanderlegen der Kerne vor der Verschmelzung. Vergr. 1100.

Fig. 24. Die Kerne platten sich gegenseitig ab. Vergr. 1100.

Fig. 25—30. Verschmelzung der Kerne und Nucleolen. Vergr. 1100.

Fig. 31—32. Zwei sehr häufige Formen von Nucleolen nach der Verschmelzung. Vergr. 1660.

Fig. 33. Nur zwei Nucleolen von unregelmäßiger Kontur, trotzdem jedenfalls hier mehr als zwei Kerne zu einem Kern verschmolzen sind; wenig Chromatin Vergr. 1100.

Fig. 34. Aus der Verschmelzung hervorgegangener Kern mit nur einem Nucleolus. Vergr. 1100.

Fig. 35. Zwei Kerne in einer Zelle teilen sich weiter, ohne zu verschmelzen. Vergr. 1100.

Fig. 36. Ruhender Kern nach der Verschmelzung kurz vor der weiteren Teilung. Vergr. 1100.

Fig. 37. Beginn des Spirems. Vergr. 1100.

Fig. 38. Spirem. Vergr. 1660.

Fig. 39. Die Chromosomen beginnen nach der Äquatorialplatte zu wandern. Vergr. 1540.

Fig. 40. Chromosomen vor der Bildung der Äquatorialplatte. 43 Doppelchromosomen zu sehen. Vergr. 1660.

Fig. 41. Äquatorialplatte. Vergr. 1540.

Fig. 42. Zwei Spindeln, nur durch drei dazwischenliegende Zellen getrennt, auffallend durch ihre ungleiche Größe. Vergr. 1540.

Tafel IX.

Fig. 43. Die beiden Tochterkerne fertig ausgebildet, dazwischen noch die Spindelfasern mit der neuangelegten Scheidewand. Vergr. 1100.

Fig. 44. «Cromosomi in ritardo.» Vergr. 1100.

Fig. 45—48. Unregelmäßigkeiten in der Kernteilung.

Fig. 45. Die Chromosomen beider Kerne noch an einer Stelle zusammenhängend. Vergr. 1660.

Fig. 46—47. «Pseudoamitosen.» Vergr. 1540 und 820.

Fig. 48. Spindelfasern ausgebildet, die Kerne scheinen sich trotzdem in der Mitte durchgeschnürt zu haben. Vergr. 1660.

Fig. 49. Ein Fall von «Pyknose». Vergr. 1100.

Fig. 50. Innerer Verschluß der Zellen bei Hyphaene thebaica. Bei T-Tüpfelbildung in der Membran. Vergr. 200.

Fig. 51. Desgleichen bei Cocos nucifera. M. die stark ausgebildete Membran. Vergr. 200.

Fig. 52. Beginn der Membranbildung als innerer Verschluß des Hohlraums von der radial ansetzenden Zellwand her. Vergr. 1540.

Fig. 53. Teil einer Zelle, die schon vollständig durch eine Membran abgeschlossen. Vergr. 1540.

Fig. 54. Corydalis lutea. Innerste Zellen des Endosperms kurze Zeit nach vollständiger Ausfüllung der Höhlung mit Gewebe. Drei Spindeln vorhanden. Bei a die Membranen, die erst bei der vorigen Teilung angelegt und noch nicht fertig ausgebildet sind. Bei b und c die aufeinanderstoßenden Zellgrenzen und zwar sind bei b die Membranen schon vorher fertig ausgebildet, bei c scheint eine Membran noch zu fehlen. In allen Zellen bereits Stärkekörner. Vergr. 600.

Fig. 55—57. Balkenbildung in der Epidermis des Integuments.

Fig. 55. Balken, dazwischen Plasma. Vergr. 600.

Fig. 56. Balken, Plasma durch *Javelle*'sche Lauge gelöst. Vergr. 1540.

Fig. 57. Balken, den Kern umschlingend; ganz alte Stadien der Samenschale. Vergr. 820.

Fig. 58—61. Aufeinanderfolgende Stadien der Degeneration des Kernes. Vergr. 1100.

Fig. 62. Epidermiszelle mit vier Kernen, von denen zwei noch ganz intakt, zwei in Degeneration begriffen sind. Aus dem obersten Kerne ist durch das Messer der Nucleolus herausgerissen. Vergr. 1100.

Die stärkeren Vergrößerungen wurden bei Leitz $\frac{1}{16}$ - oder Winkel $\frac{1}{20}$ - Öl-Immersion beobachtet. Die Zeichnungen sind mit Hülfe des *Abbe*'schen oder *Oberhäuser*'schen Zeichenapparates ausgeführt. Sie beziehen sich alle auf Corydalis cava, wenn nicht etwas anderes ausdrücklich hervorgehoben wurde.

Kapillaritätsversuche an einem System dünner Platten.

Von Prof. E. Askenasy.

In *Pfeffers* Pflanzenphysiologie, 2. Aufl., Bd. I, S. 61 findet sich folgende Bemerkung: «Übrigens wird auch in einem System sich berührender Glasplättchen mit dem kapillaren Eindringen von Wasser der Abstand der Plättchen vermehrt und ebenso erfährt durch die Imbibition ein feinporöser Sphärokrystall ein gewisses Aufquellen, sofern es die Kohäsion der radial gruppierten Krystallnadeln gestattet.» Diese Bemerkung *Pfeffers* steht mit den Beobachtungen *Schwendeners* im Widerspruch, über welche dieser in seinem Aufsatze, Untersuchung über das Saftsteigen, in den Sitzungsberichten der Berliner Akademie 1886, S. 588 (28 d. Sep.-Abdr.), berichtet. Da die Mitteilungen *Schwendeners* für das Verständnis der Sache von großer Wichtigkeit sind, so will ich sie hier im Wortlaut wiedergeben:

«Kapillarität und Imbibition. Die Erscheinungen der Kapillarität und der Imbibition haben offenbar einen gemeinsamen Zug, der im Einsaugen von Flüssigkeit in die feinen Kanäle oder Kanalsysteme einer festen Substanz zum Ausdruck kommt. Sind diese Kanäle vom bloßen Auge oder doch mit Hülfe des Mikroskops zu erkennen, so hat man es mit Kapillaren in gewöhnlichem Sinne zu thun. Man darf jedoch nicht vergessen, daß die Kapillaritätsgesetze, wonach die Steighöhe des eingesogenen Wassers im umgekehrten Verhältnis zum Durchmesser steht, zunächst nur für die größeren, einer genauen Messung zugänglichen Räume Geltung haben; für die kleineren, beispielsweise unter 1 Mik. Durchmesser, ist eine Prüfung nach dieser Richtung ausgeschlossen. Man weiß in solchen Fällen nur noch, daß die Kapillarkraft eine sehr beträchtliche Höhe erreicht (5—6 Atmosphären), aber das arithmetische Verhältnis derselben zur Größe der Zwischenräume ist unbestimmbar. Dasselbe gilt natürlich auch von solchen Kapillaren, welche nicht bloß unmeßbar, sondern unsichtbar klein sind; es gilt daher auch für die Micellarinterstitien der Zellmembran.»

«Ob das Eindringen von Wasser zwischen die festen Teile der Substanz mit einer Volumveränderung des ganzen Gerüstes, sei es nun Kon-

traktion oder Expansion, verbunden sei oder nicht, ist für die Auffassung der Erscheinungen irrelevant. Wesentlich ist nur, daß die Substanz des Gerüstes sich im festen Aggregatzustande befinde, weil ohne diese Bedingung die Bezeichnung Kapillare oder Kapillarsystem ihre Berechtigung verliert. Der feste Aggregatzustand schließt aber keineswegs aus, daß die einzelnen Teile des Gerüstes dehnbar und darum auch mehr oder weniger verschiebbar gedacht werden können. Zwei parallele, frei herabhängende Glasplatten, welche beispielsweise bis zu einem Abstande von 0,5 mm genähert und hierauf mit dem unteren Rande in Wasser getaucht werden, stellen unzweifelhaft einen Apparat zur Beobachtung von Kapillaritätserscheinungen dar; aber in dem Augenblick, in welchem dieselben die Oberfläche des Wassers berühren und das letztere im Zwischenraum emporzusteigen beginnt, nähern sich die beiden Platten um eine meßbare Größe. Aus demselben Grunde müßte sich eine Kapillarröhre, sofern nur die Wandsubstanz die nötige Nachgiebigkeit besitzt, unter dem Einfluß der darin aufsteigenden Wassersäule verengern. Theoretisch betrachtet, thut dies auch eine beliebige Glasröhre; nur ist hier die Verengerung viel zu klein, um gesehen zu werden.»

«Die Starrheit und Unverschiebbarkeit der Wände gehört also keineswegs zu den wesentlichen Eigenschaften eines Kapillarsystems. Im Gegenteil müßte eigentlich jedes derartige System, dessen Gebälke die Wirkung der mit den konkaven Menisken zusammenhängenden Druckverminderung zu tragen hat, eine entsprechende Verengerung seiner Kanäle und folglich eine Verkleinerung des Gesamtvolumens zeigen. Fraglich ist nur, ob diese Verkleinerung die Grenzen der Wahrnehmbarkeit erreicht.»

«Wählt man zur Prüfung dieser Frage beispielsweise einen Satz von etwa fünfzig Deckgläschen, zwischen die man von den Randflächen aus, durch Befeuchten der letzteren mit einem nassen Pinsel, Wasser eintreten läßt, so kann die Verkürzung des ganzen Satzes infolge der Wasseraufnahme direkt beobachtet werden. Sie betrug z. B. bei einem Versuche mit Deckgläschen = 0,4 mm, was für den einzelnen Zwischenraum 8 Mik. ausmacht. Hierbei kommt jedoch die Unebenheit der Flächen und wohl auch die Biegungsfähigkeit der Plättchen mit in Betracht. Gewöhnliche Objektträger in ähnlicher Weise behandelt, ergaben eine erheblich geringere, aber doch deutliche Verkürzung, nämlich etwa 1 Mik. für den einzelnen Zwischenraum.»

«Das Eindringen der Flüssigkeit bedingt also unter den angedeuteten Verhältnissen trotz des scheinbaren Kontaktes zwischen den

übereinanderliegenden Platten eine weitere Annäherung derselben um eine bestimmbare, zuweilen sogar recht erhebliche Größe.»

Auf Anregung meines Freundes Prof. *O. Bütschli* habe ich es unternommen, die Erscheinungen, die sich bei dem Eindringen von Flüssigkeit in ein System dünner Platten abspielen, genauer zu beobachten. Es handelt sich dabei vorzüglich um genaue Messung der Erweiterung oder Verengerung eines solchen Systems. Dazu benutzte ich, nachdem sich andere Methoden als weniger praktisch erwiesen hatten, auf Empfehlung von Prof. *W. Schmidle*, den Deckglastaster, der im Katalog Nr. 30 der optischen Werkstätte von Karl Zeiß unter Nr. 49, S. 19, aufgeführt und abgebildet ist. Mit diesem Instrument kann man bequem und genau arbeiten, und, da es vielleicht noch für andere, insbesondere auch pflanzenphysiologische Untersuchungen, geeignet sein dürfte, will ich es hier etwas ausführlicher beschreiben.

«Die Messung erfolgt mittelst einer Zange, welche aus einem dosenförmigen Gehäuse hervorsteht. Die Ablesung geschieht durch einen Zeiger, der über einer Kreisteilung am Deckel des Gehäuses spielt. Die Teilung giebt direkt $^1/_{100}$ mm an.»[1]) $^1/_{1000}$ mm können noch leicht geschätzt werden. Die Schneiden der Zange sind 7,5 mm lang. Über die innere Einrichtung des Instruments erhielt ich von der Firma Karl Zeiß folgende Auskunft:

«Von den beiden aus der Dose herausragenden Zangenarmen ist der eine um eine Axe am entgegengesetzten Ende drehbar und mit einem Zahnradsegmente 1 fest verbunden, welches letztere durch Übertragung ein anderes Zahnradsegment 2 bewegt, das in die gezahnte Welle des Zeigers eingreift. An der andern Seite der Welle greift ein Zahnradsegment 3 ein, welches durch Spiralfederzug in Thätigkeit gesetzt wird und durch Übertragung auf die Zeigerwelle, von dieser weiter auf Zahnradsegment 2 und 1, den bewegten Arm leicht gegen den feststehenden drückt. In dieser Stellung steht der Zeiger auf 0. Werden nun die beiden Arme auseinanderbewegt, so wird die Zeigerwelle durch das Zahnradsegment 2 gedreht und nimmt den Zeiger mit. Gleichzeitig wirkt das durch Spiralfederzug gehaltene Zahnradsegment 3 dieser Bewegung entgegen, wodurch toter Gang des Messungsmechanismus vermieden wird.»

Anfangs benutzte ich ein Instrument I, das nicht direkt von der Firma bezogen war. Indem ich die Dicke einiger dünner geschliffener Deckgläser erst einzeln, dann zusammen zu mehreren zugleich, bestimmte

---

[1]) Aus dem Zeiß'schen Katalog.

und das letztere Ergebnis mit der Summe der Einzelmessungen verglich, fand ich, daß der Zeiger nicht immer die richtige Dicke angab, sondern einer Korrektur bedurfte. Dies rührt wohl hauptsächlich von der Beschaffenheit der Zahnräder im Innern des Instrumentes her, die ja nicht absolut genau gleich geteilt sein können. Weiterhin erhielt ich von der Firma Karl Zeiß ein anderes Instrument II, sowie eine Korrekturtafel für I und II, die ich hier mitteile:

Dicke des Objekts mm	Instr. I mm	Instr. II mm
0,00	0,000	0,000
0,25	—0,013	—0,004
0,35	—0,023	+0,004
0,45	—0,022	0,000
1,00	—0,029	+0,004
1,25	—0,037	+0,003
2,00	—0,0095	—0,004
3,00	—0,005	—0,01
4,00	+0,004	0,000
5,00	—0,014	—0,02
6,00	—0,024	—0,02.

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß die Korrekturen bei Instrument I verhältnismäßig groß sind und stark wechseln. Bei meiner Untersuchung kam nur letzterer Umstand in Betracht. Immerhin beträgt die größte Änderung der Korrektur nicht mehr als 0,001 mm auf 0,1 mm der Angabe des Zeigers, also nicht mehr als 10 %. Die Korrekturen des Apparates II, den ich nach Empfang ausschließlich benutzte, sind von so geringem Betrag, daß sie für meine Untersuchung überhaupt nicht in Betracht kommen. Ich habe darum auch bei dem im allgemeinen qualitativen Charakter der folgenden Untersuchungen die Korrekturen nicht berücksichtigt, zumal dazu eine ausführlichere Korrekturtabelle notwendig gewesen wäre.

Ich hielt es für zweckmäßig, den Druck zu bestimmen, der vermöge der Feder bei geschlossener Zange auf diese ausgeübt wird. Es geschah dies mit Hülfe eines an dem beweglichen Arme der Zange befestigten Fadens, der dann über eine Rolle lief und ein Gewicht trug. Bei Instrument I waren 5 g, bei Instrument II 4 g erforderlich, um die Zange zum Stillstand zu bringen. Der durch die Zange ausgeübte Druck ist also ganz unbedeutend. Um die Zange in Bewegung zu setzen, mußten bei Instrument I 12 g, bei Instrument II

10 g an den Faden gehängt werden; dies beweist, daß bei der Bewegung im Innern einige Reibung stattfindet.

Bei der Benutzung des Instrumentes sind einige Punkte zu beachten. Der Zeiger stellt sich, wenn sich die Schneiden der Zange berühren, nicht immer auf 0 ein, was unter Umständen zu berücksichtigen ist. Die Einstellung des Zeigers ändert sich auch, je nachdem man die Zange rasch oder langsam zuschlagen läßt; ebenso bei Erschütterung des ganzen Instruments.

Bei der Messung der Dicke dünner Platten ist noch folgendes zu berücksichtigen. Es ist oft von Bedeutung, solche Platten oder Plattensysteme wiederholt an derselben Stelle zu messen, wozu der mittlere Teil der Mittellinie besonders geeignet ist. Darum stellte ich die Schneiden der Zange immer nach dem Augenmaße vertikal auf die Mittellinie der Platten ein. Damit die Platten nicht hinunterglitten, wurden sie immer auf eine Unterlage gestellt und zwar auf eine dickere Glasplatte, die dann durch unterlegte Gegenstände in ihrer Höhe so geregelt war, daß die Schneiden der Zange gerade in die Mitte der vertikalen Mittellinie der Platten fielen.

Für die Genauigkeit der Messung ist ferner von großer Wichtigkeit, daß die Schneiden der Zange senkrecht zur Fläche des zu messenden Objekts stehen. Wenn einzelne dünne Deckgläser zwischen die Schneiden gebracht werden, so stellen sich diese von selbst senkrecht zur Fläche ein; wenn man aber eine größere Anzahl zusammen in das Instrument bringt, so geschieht dies nicht immer. Man bewegt darum im letzteren Falle immer das zwischen den Schneiden befindliche Objekt etwas im Bogen nach rechts und links, bis der Zeiger die geringste Dicke angiebt; dann ist man sicher, daß die Schneiden die richtige Stellung haben.

Wenn man alle eben erwähnten Vorsichtsmaßregeln beachtet, so glaube ich, daß die Messungen sehr genau ausfallen, und daß man bei wiederholter Messung desselben, in der Dicke einigermaßen gleichartigen, Objekts, wie z. B. eines geschliffenen Deckglases, nur Unterschiede von etwa 0,002 bis 0,003 mm finden wird.

Alle Deckgläser, die zu meinen Versuchen dienten, wurden mit konzentrierter Schwefelsäure behandelt, dann in oft erneuertes Wasser und endlich in Alkohol gelegt, was nach Bedarf wiederholt wurde. Zum Trocknen wurden sie mit einem weichen leinenen Tuche abgewischt und die etwa am Glase haftenden Fasern mit einem Pinsel entfernt.

Zunächst will ich einige Versuche mitteilen, die ich zur Prüfung der Genauigkeit der Instrumente anstellte. Es wurden 9 geschliffene quadratische Deckgläser von 18 mm Seite (von Karl Zeiß bezogen) der Reihe nach mit dem Deckglastaster I gemessen; dies wurde zehnmal wiederholt. Die Zahlen, die ich dabei für die Dicken der einzelnen Gläser erhielt, lagen zwischen folgenden Grenzen (in $^1/_{100}$ mm):

1)	zwischen	30,2	und	30,5
2)	»	31,0	»	31,4
3)	»	30,0	»	30,3
4)	»	30,9	»	31,3
5)	»	41,9	»	42,2
6)	»	46,0	»	46,5
7)	»	45,7	»	45,9
8)	»	46,1	»	46,5
9)	»	43,3	»	43,5.

Durch Addition der Dicken sämtlicher Gläser, wie sie bei jeder Messung sich ergaben, erhält man Zahlen, die zwischen 345,5 und 347,9 liegen. Die wirkliche Genauigkeit ist indessen größer, als sie nach diesen Zahlen erscheint, da die Summe der Dicken sämtlicher Gläser mit jeder Messung regelmäßig abnahm, so daß hier eine konstant das Resultat beeinflussende Ursache wirksam gewesen sein muß, die ich aber nicht ermittelt habe.

Instrument II wurde in derselben Weise durch Messung der Dicken von je 10 geschliffenen Gläsern geprüft. Ich erhielt hier folgende Zahlen:

1)	29,7	—	29,9
2)	30,8	—	30,9
3)	29,3	—	29,5
4)	30,2	—	30,4
5)	40,0		
6)	44,2	—	44,4
7)	44,2	—	44,3
8)	44,8	—	45,0
9)	41,4	—	41,5
10)	30,7.		

Die Summen der Dicken der 10 Gläser bei jeder Messung lagen zwischen 365,4 und 366,5.

Wenn man die Dicke einer Anzahl einzelner dünner Platten mißt und die einzelnen Zahlen addiert, so erhält man eine Zahl, die als die

Summe dieser Dicken bezeichnet werden kann. Bringt man aber dann diese Platten zusammen zwischen die Zangen des Deckglastasters, so erhält man eine andere Zahl, die immer größer ist als die früher für die Summe der einzelnen Platten erhaltene, da ja die Platten nicht absolut plan sind und daher immer Zwischenräume zwischen sich lassen. Natürlich muß man in diesem Falle bei allen Messungen die Korrektur für die Zahlen des Instruments berücksichtigen und auch noch eine Korrektur einsetzen, falls der Zeiger im Ruhezustande nicht auf 0 zeigt. Geschliffene Deckgläser zeigen meist nur eine geringe Differenz zwischen der Summe der Dicken der einzeln gemessenen Gläser und der Dicke des ganzen auf einmal gemessenen Systems, wobei noch ein Teil der Differenz auf die Ungenauigkeit der Korrektur kommt. Außerdem hängt dabei manches vom Zufall ab, z. B. vom Haften der Gläser aneinander an gewissen Stellen. Wenn man die Gläser eines Systems zwischen den Fingern hält und einigemal aneinander vorbeigleiten läßt, so erhält man für die Dicke des Systems eine geringere Zahl als früher.

So ergaben 4 von den obenerwähnten geschliffenen Deckgläsern, einzeln gemessen und addiert, eine Gesamtdicke von 115,4 $^1/_{100}$ mm, als System zusammengemessen erhielt ich die Dicke von 117,9 $^1/_{100}$ mm, also 0,025 mm oder etwa 2% mehr. Fünf andere Gläser gleicher Art ergaben als Summe der Einzeldicken 212,7 $^1/_{100}$ mm, zusammengemessen 213,6, d. i. nur etwa 0,4% mehr.

Gewöhnliche Deckgläser, wie sie für mikroskopische Objekte benutzt werden, zeigen, da sie weit weniger eben sind, größere Unterschiede. So erhielt ich für 10 quadratische Deckgläser von 18 mm Seite bei Einzelmessung einmal 133,8 $^1/_{100}$ mm, ein anderes Mal 134,8, also im Durchschnitt 134,3; die Dicke des ganzen Systems betrug nach zwei Messungen 144,3, also etwa 7,4% mehr. 10 andere Deckgläser ergaben einzeln gemessen eine Gesamtdicke von 102,7 $^1/_{100}$ mm, zusammen eine solche von 112,9, also etwa 10% mehr. Man findet auch nicht unbedeutende Unterschiede, wenn man in einem System die Deckgläser anders zusammenordnet oder anders stellt, so daß eine andere Seite die untere ist.

Wird ein System von Deckgläsern einem stärkeren Drucke ausgesetzt, so wird seine Dicke geringer, kann aber nach Aufhören des Druckes, wenn sonst keine Hindernisse vorliegen, infolge der Elastizität des Glases die frühere Größe annähernd wieder erreichen. Hierauf beruht die Verwendbarkeit eines solchen Systems für die weiterhin folgenden Untersuchungen.

Bei diesen wollte ich beobachten, wie sich eine Anzahl dicht aneinanderliegender dünner Platten verhalten, wenn Wasser in die zwischen ihnen vorhandenen Zwischenräume eindringt. Bei den ersten Versuchen wandte ich gewöhnliche dünne Deckgläser an, die gereinigt und trocken zwischen die Zangen des Instrumentes gestellt wurden, worauf die gesamte Dicke an dem Stande des Zeigers abgelesen wurde. Die Deckgläser standen, wie früher erwähnt, auf einer ebenen Glasplatte; nun wurde mit einem Glasstab oder einer Pipette unten an das Deckglassystem eine solche Menge Flüssigkeit gebracht, daß nach dem kapillaren Aufsteigen zwischen den Deckgläsern noch etwas davon auf der unteren Glasplatte zurückblieb. Weiterhin wurde dann das Verhalten des Systems während des Verdunstens der Flüssigkeit beobachtet. In den Berichten über die Versuche, die hier folgen, bedeuten die ganzen Zahlen $^1/_{100}$ mm, wie sie am Zeiger abgelesen wurden.

1.

20 quadr. Deckgl. von 15 mm Seite.

Zeit		Dicke
$12^h 40$ N.	trocken	356,0
$12^h 45$ »	Wasser unten zugeführt	351,7
$2^h 17$ »		351,7.

Jetzt war das Wasser unten auf der Glastafel verdunstet. Von da ab beginnt nun das Wasser zwischen den Deckgläsern infolge von Verdunstung zu schwinden, die Deckgläser nähern sich einander und die Dicke des Systems nimmt ab. Sie hatte ihr Minimum erreicht um

$3^h 30$ mit 341,7.

Nun nahm die Entfernung der Deckgläser von einander wieder langsam zu und der Zeiger stand um

$7^h 2$ auf 348,3.

Die Abnahme der Dicke, die während der Verdunstung des Wassers eintritt, beträgt gegen das System im trockenen Zustande 4 %, gegen dasselbe im benetzten Zustande (nach dem Eindringen des kapillaren Wassers) 2,8 %.

2.

10 quadr. Deckgl. von 15 mm Seite.

Zeit		Dicke.
$10^h 40$ V.	trocken	185,3
11^h »		185,3

11ʰ 1	V	Wasser zugeführt	182,5
11ʰ 2	»		182,8
		blieb so bis	
11ʰ 40	»	ging dann zurück bis	
12ʰ 30	N.	Minimum	178,8.

Die Abnahme beträgt hier gegen den trockenen Zustand 3,5 %, gegen den benetzten 2,2 %.

Das System blieb bis zum nächsten Tage stehen und zeigte um

9ʰ 15 V. 179,8
10ʰ 5 » 179,8,

nunmehr wurde Wasser zugeführt.

Das System ging langsam auseinander. Der Zeiger stand um

10ʰ 12 V. auf 182,2,

ging dann bei allmählicher Verdunstung des Wassers zurück bis

1ʰ 35 N. Minimum 178,5.

3.

10 quadratische Deckgläser von 18 mm Seite wurden einzeln gemessen und hatten zusammenaddiert eine (korrigierte) Dicke von 134,8. Zusammengemessen war die Dicke nach dem Stande des Zeigers 145,2 (korr. 144,3). Bei den nun folgenden Angaben wurde keine Korrektur angebracht. Es wurde nun zum System Wasser zugeführt, die Dicke ging von 145,2 auf 143,9 herunter und sank dann bei fortschreitender Verdunstung bis auf das Minimum von 139,7.

Dies ergiebt gegen den trockenen Zustand eine Abnahme von 3,1 % und gegen den benetzten eine solche von 2,9 %. Nach abermaligem Wasserzusatz von unten ging der Zeiger auf 142,2 vor. Dasselbe System wurde am nächsten Tage nochmals abgewischt und trocken in das Instrument gebracht, das eine Dicke von 145,0 anzeigte. Nach Zusatz von Wasser ging der Zeiger auf 143,5 zurück, nachher bei allmählicher Verdunstung des eingedrungenen Wassers auf ein Minimum von 139,2. Bei Zusatz von Wasser ging der Zeiger wieder auf 142,6 vor, um dann wieder auf ein Minimum von 138,1 zurückzugehen. Endlich ging er bei nochmaligem Zusatz von Wasser auf 141,8 vor.

4.

30 quadr. Deckgläser von 15 mm Seite.

Dicke im trockenen Zustande	511,0
Nach Zuführung von Wasser	510,1
Minimum nach Verdunstung	498,2

(d. h. 2,6 % Abn. gegen den trockenen, 2,3 % gegen den benetzten Zustand)

Dann sehr langsam vor auf	499,0
Nach Zuführung von Wasser	510,4
Zurück auf ein Minimum von	498,5.

Außer den eben vorgeführten Versuchen habe ich noch eine große Zahl anderer angestellt, die alle dieselben Erscheinungen zeigten. Diese lassen sich in Kürze wie folgt beschreiben: Wenn man zu einem System trockener Deckgläser von unten Wasser zutreten läßt, so steigt dieses in die Zwischenräume der Gläser hinauf; nach ein paar unregelmäßigen Schwankungen tritt meist schon innerhalb einer Minute ein stationärer Zustand ein, wobei das System jetzt, im benetzten Zustande, eine geringere Dicke zeigt als im ersten trockenen. Nun bleibt die Dicke des Systems beliebig lange unverändert; so lange nämlich noch unten Wasser vorhanden ist, in welches die Deckgläser eintauchen. Wenn dies Wasser verdunstet ist, bleibt das System noch kurze Zeit unverändert, dann beginnt es aber sich zusammenzuziehen, bis ein Minimum erreicht ist, auf dem es dann einige Zeit stehen bleibt. Darauf dehnt es sich sehr langsam wieder aus; diese Bewegung wird immer langsamer und hört schließlich auf, meist lange, ehe noch die Dicke des Systems im benetzten Zustande erreicht ist. Giebt man, wenn das System das Minimum der Dicke erreicht hat, wieder von unten Wasser zu, so fängt die Dicke sofort an zu wachsen und nimmt mit größter Geschwindigkeit annähernd dieselbe Größe an wie im benetzten Zustande. Läßt man das Wasser wieder verdunsten, so wiederholt sich der oben beschriebene Vorgang. Man sieht also, daß das kapillare Eindringen von Wasser in ein System von Deckgläschen je nach Umständen eine sehr verschiedene Wirkung ausübt. Wird einem Systeme trockener Deckgläschen Wasser zugeführt, so findet Zusammenziehung statt, geschieht dasselbe bei einem solchen System, wenn es sich infolge der Verdunstung auf das Minimum zusammengezogen hat, so erfolgt Ausdehnung. Dies Verhalten läßt sich mit Hülfe einiger Sätze aus der Kapillaritätslehre leicht erklären.[1])

In einer vertikalen Glasröhre, die unten in ein großes Wassergefäß taucht, geht vom oberen Meniskus ein Zug aus, der das Aufsteigen des Wassers in das Innere der Röhre bewirkt. Diesem Zug

[1]) Hier verweise ich auf die am Anfange dieses Aufsatzes wiedergegebene Mitteilung von *Schwendener,* ferner auf *Simon,* Recherches sur la Capillarité, Annales de Chim. et de Phys., 3. Ser., T. 32. 1851, S. 5 ff.; *Van der Mensbrugghe,* Sur la pression hydrostatique négative, Bullet. Acad. roy. de Belgique, 3. Ser., T. 25. 1893, S. 371 ff.; *Violle,* Lehrb. d. Physik, deutsche Aufl. I. 2, S. 624 ff. Aus letzterem Buch habe ich einige Stellen für meine Darstellung entnommen.

entspricht ein negativer Druck im Innern der Röhre oder ein Überdruck auf die äußere Wand derselben, der am Meniskus gleich der Höhe der gehobenen Wassersäule ist und von da ab immer mehr abnimmt, bis er auf der Höhe des Wasserspiegels im unteren Gefäß Null wird. In einer horizontalen Kapillarröhre, die von einer Flüssigkeit erfüllt ist, welche an beiden Enden von konkaven Menisken begrenzt wird, ist der negative Innendruck überall gleich dem doppelten desjenigen, der in einem vertikalen Rohre gleicher Art in der Nähe des oberen Meniskus herrscht. Es ist dabei gleichgültig, ob sich das kapillare Rohr im luftleeren Raume oder in der Atmosphäre befindet. In letzterem Falle drückt der Druck der Atmosphäre sowohl auf die Menisken, wie auf die Außenseite des Rohres und kommt daher nicht in Betracht.

Zwischen zwei ebenen festen und vollkommen benetzten Platten von konstanter Entfernung, die so groß sind, daß die nahe bei den Enden liegenden Teile vernachlässigt werden können, steigt, wenn sie in eine Flüssigkeit tauchen, diese auf eine Höhe von h mm auf, die sich aus der Formel $ch = \frac{2\,F}{d}$ ergiebt, wo c die Entfernung der Platten in mm, d das Gewicht von 1 ccm der Flüssigkeit und F die Kapillarkonstante der Flüssigkeit ist, d. h. die in Milligrammen ausgedrückte Zugspannung auf 1 mm der Flüssigkeitsoberfläche. Bei 15° C. beträgt F für Wasser 7,5, für absoluten Alkohol 2,5. Auch hier herrscht im Innenraum zwischen den Platten eine negative Spannung, die wie bei kapillaren Röhren zu berechnen ist.

Wenn zwei horizontale kreisförmige Scheiben durch Stückchen eines dünnen Drahtes in einer konstanten Entfernung gehalten werden und Wasser zwischen sie eingeführt wird, so hängt der Druck im Innern zwischen den beiden Scheiben von der Gestalt des Meniskus am Umfange ab, der wieder von der Entfernung der Scheiben und von der Menge der Flüssigkeit zwischen ihnen abhängt. Bildet die Grenzfläche des Wassers am Umfange der Scheiben einen geraden Zylinder, so herrscht im Innern derselbe Druck wie außen. Nimmt man nun etwa mit Hülfe einer Pipette Wasser aus dem Zwischenraum, so wird der Meniskus nach innen konkav. Denkt man sich beide Scheiben durch eine senkrechte Ebene geschnitten, so ist der kleinste Wert, den der Krümmungshalbmesser des konkaven Meniskus auf einem solchen Schnitte annehmen kann, gleich der halben Entfernung der Scheiben, also wenn diese c ist $= \frac{c}{2}$. Wenn ferner der

Durchmesser der Scheiben so groß ist, daß man die Krümmung an ihrem Umfange vernachlässigen kann, so ist der negative Druck im Innern auch hier gleich der Höhe der Wassersäule, die durch den Meniskus gehoben werden könnte, also für Wasser, wo d = 1 ist, = $\frac{2F}{c}$. Will man die obere Scheibe von der unteren entfernen, so ist ein Widerstand von $\frac{2FS}{c}$ zu überwinden, wenn S die Größe der Oberfläche der Scheibe bedeutet; sonach ist die Größe des Widerstandes der Oberfläche der Scheibe direkt und deren Entfernung umgekehrt proportional. Für jede Flüssigkeit gilt die Formel

$$\frac{2FS}{c} = Shd,$$

d. h. die zur Trennung der beiden Scheiben nötige Kraft ist gleich dem Gewicht der Flüssigkeitssäule, deren Basis eine der Scheiben bildet, und deren Höhe so groß ist, wie die Erhebung des Wassers zwischen zwei parallelen Scheiben von demselben Abstande. Für zwei kreisförmige Deckgläser von 18 mm Durchmesser ist $S = 9^2\pi =$ 254 qmm; wenn diese Gläser $^1/_{100}$ mm von einander entfernt sind, so ist $\frac{2FS}{c} = 15 \cdot 254 \cdot 100$ mg = 381 g. Somit würde die Kraft, mit der ein Satz von 10 Deckgläsern zusammengedrückt wird, für Wasser etwa 3,43 kg betragen. Dabei sind die Deckgläser als vollkommen eben und in konstanter Entfernung von einander stehend angenommen, was in Wirklichkeit nicht stattfindet. Es soll das Beispiel auch nur die Größe des vom Meniskus ausgehenden negativen Druckes für Scheiben von der Größe der Deckgläser veranschaulichen.

Denken wir uns zwei vollkommen ebene gewichtlose und frei bewegliche Scheiben und zwischen ihnen eine Flüssigkeit mit konkavem Meniskus, so werden sich die Scheiben so lange nähern, bis die Konkavität des Meniskus verschwindet und die äußere Grenzfläche der Flüssigkeit zu einer geraden Zylinderfläche geworden ist. Dann können sich die Scheiben nicht weiter nähern. Dies wird erst möglich, wenn etwas Flüssigkeit z. B. durch Verdunstung entfernt wird.

Ich wende mich nun zu den Erscheinungen, die an Systemen von Deckgläsern zu beobachten sind. Wird ein solches System zwischen die Schneiden des Deckglastasters gebracht, so berühren sich infolge des Druckes der Zange die Gläser an einzelnen Punkten ihrer Fläche. Eine weitere Annäherung wird durch die Elastizität der Deckgläser verhindert. Im übrigen sind zwischen den Gläsern weitere und engere mit Luft erfüllte Zwischenräume.

Wird nun unten an die Gläser Wasser gebracht, so steigt dieses zwischen den Gläsern empor, füllt die Zwischenräume aus, wobei oft größere und kleinere Luftblasen erhalten bleiben, und erreicht endlich den Rand des Systems, an dem es mit einem der Entfernung der Gläser entsprechenden Meniskus stehen bleibt. Diesem Meniskus entspricht ein negativer Druck im Innern, der sich zu dem von der Zange ausgeübten äußeren Drucke addiert und so eine Zusammenziehung des Systems veranlaßt, die vom Zeiger angezeigt wird. Die Annäherung der Gläser geht so lange fort, bis die Zugkraft des Meniskus mit dem elastischen Widerstand jener im Gleichgewicht ist.

Dann bleibt die Dicke des Systems konstant, so lange unten an der Standplatte noch Wasser vorhanden ist. Während des Eindringens des Wassers erfolgen öfters einige, wenn auch nicht sehr große Schwankungen in der Dicke des Systems, insbesondere findet man, daß zunächst eine größere Abnahme der Dicke stattfindet und darauf erst die richtige konstant bleibende Dicke eintritt. Doch wird diese gewöhnlich schon in einer oder zwei Minuten erreicht. Diese Erscheinung wird wohl dadurch veranlaßt, daß das eindringende Wasser zunächst die engsten Zwischenräume zwischen den Deckgläsern erfüllt und daß die Menisken des Wassers während des Eindringens überhaupt große Unregelmäßigkeiten zeigen. Auch zwei sehr nahe, vertikale, einander parallel gegenüberstehende, in Wasser tauchende Platten, die bekanntlich sich einander nähern, werden sich, wenn ihre Höhe geringer ist als die ihrer Entfernung entsprechende kapillare Steighöhe, nach einiger Zeit wieder etwas von einander entfernen, dann nämlich, wenn das Wasser bis an den Rand der Platten aufgestiegen ist und der Meniskus sich wieder abzuflachen beginnt.

Läßt man nun den Glassatz im Instrumente stehen, so verdunstet allmählich das Wasser an der Basis; dies führt aber noch zu keiner merkbaren Änderung in der Dicke des Satzes. Weiterhin aber zieht sich die Flüssigkeit, indem ihre Menge durch Verdunstung abnimmt, vom Rande nach innen, ihre Grenze bildet eine sehr unregelmäßige Linie mit größeren und kleineren Einbuchtungen. Dadurch wird die Länge des Meniskus vergrößert und damit wächst auch die von ihm ausgehende Zugwirkung. Viel bedeutsamer ist aber der Umstand, daß das Wasser bei dem Zurückweichen vom Rande mehr und mehr an Orte gelangen muß, wo die Entfernung der Gläser stetig abnimmt. Der geringeren Entfernung entspricht ein kleinerer Krümmungshalbmesser des Meniskus und diesem eine erhöhte Saugkraft und infolge dessen ein wachsender negativer Druck im Innern des Glassatzes. Es

ist klar, daß dies nur möglich ist, weil eben die Deckgläser nicht absolut plan sind, sondern sich an einigen Punkten berühren, von welchen ab die Entfernung der Gläser allmählich in symmetrischer Weise zunimmt. Um diese Punkte als Zentrum herum sammeln sich mit fortschreitender Verdunstung die Reste des Wassers. Die Verdunstung geht hier aus verschiedenen Ursachen recht langsam vor sich. Mit der immer mehr abnehmenden Menge des Wassers muß aber endlich ein Punkt erreicht werden, wo der negative Druck ein Maximum und die Dicke des Satzes ein Minimum zeigt, und dieser Zustand bleibt einige Zeit stationär. Wenn nämlich die Menge der Flüssigkeit immer mehr abnimmt, so nimmt schließlich auch die Länge des Meniskus so sehr ab, daß der von diesem bewirkte negative Druck, auf die ganze Fläche des Deckglases berechnet, trotz des sehr kleinen Krümmungshalbmessers erst stationär bleibt und dann wieder abnimmt. Dies erfolgt bei den verschiedenen Deckgläsern nicht ganz gleichzeitig und darum kann der Stillstand am Minimum längere oder kürzere Zeit dauern. Bei vollständiger Verdunstung der Flüssigkeit hört der negative Druck überhaupt auf. Doch konnte ich mich überzeugen, daß sowohl im Minimum wie beim Auseinandergehen des Systems noch Flüssigkeit zwischen den Deckgläsern vorhanden ist.

Nachdem das System also eine Zeit lang auf dem Minimum ohne Änderung verharrt hat, beginnt es sich infolge der Elastizität der Deckgläser wieder auszudehnen. Diese Dickenzunahme erfolgt aber im Gegensatze zu der früheren Abnahme sehr langsam und unregelmäßig und hört gewöhnlich ganz auf, lange ehe die Dicke erreicht ist, die das System auch nur im benetzten Zustande hatte. Durch Erschütterung des ganzen Instruments kann manchmal die Bewegung, nachdem schon Stillstand eingetreten ist, neu hervorgerufen werden. Dieses eigentümliche Verhalten beruht darauf, daß die letzten Reste der Flüssigkeit nur schwierig und äußerst langsam verdunsten und nach dem Verdunsten ein Verkleben oder Adhärieren der Gläser aneinander an einzelnen Stellen veranlassen, das die weitere Entfernung derselben verhindert. Ich werde auf diesen Punkt weiterhin nochmals zurückkommen.

Setzt man indessen, wenn der Glassatz auf dem Minimum seiner Dicke angelangt ist, oder auch wenn er schon im Auseinandergehen begriffen ist, von unten her Wasser zu, so nimmt er in sehr kurzer Zeit dieselbe Dicke wieder an, die er früher im benetzten Zustande hatte. Das eindringende Wasser hebt die Wirkung der Menisken der letzten Flüssigkeitsreste auf, löst etwaige klebende Stoffe rasch auf

und giebt dadurch der Elastizität des Glases volle Freiheit, und da, wenn das Wasser bis zum Rande des Satzes aufgestiegen ist, der Meniskus dieselbe Beschaffenheit haben muß wie bei dem ersten Eindringen des Wassers, so muß auch die davon abhängige Dicke des Glassatzes ungefähr dieselbe Größe annehmen. Doch beobachtet man bei öfterer Wiederholung des Versuches kleine Verschiedenheiten der Dicke, die in der unvollkommenen Elastizität der Deckgläser und in ihrer unvollständigen und wechselnden Benetzungsfähigkeit ihren Grund haben.

Ich will zur Verdeutlichung des eben Gesagten noch einige Beispiele mitteilen:

5.

40 kreisf. Deckgl. von 12 mm Durchm.

2^h 47	trocken	484,5

in Wasser gelegt, dann wieder in das Instrument gebracht.

3^h 27		480,2
7^h 4	Minimum	471,8
7^h 5	Wasser zugeführt	480,8

wieder in Wasser gelegt und in das Instrument gebracht.

7^h 18		478,2
9^h 15	Minimum	469,7
9^h 40		470,7
9^h 43	Wasser zugeführt	480,0.

6.

40 quadr. Deckgl. von 18 mm Seite.

Aus dem Wasser genommen.

1^h 10		571,8
6^h 20	Minimum	559,8
6^h 26		559,9
6^h 27	Wasser zugeführt	567,0
6^h 32		568,5
11^h 30	Minimum	559,8.

7.

10 quadratische Deckgläser von 18 mm Seite ergaben einzeln gemessen und summiert eine Gesamtdicke von 102,7 (korr.), zusammen gemessen eine Dicke von 113,5 (korr. 112,9). Sie dienten zu folgendem Versuche:

trocken	113,5
Wasser zugeführt	112,0

Minimum	107,6
Wasser zugeführt	111,3
Minimum	107,2
Wasser zugeführt	110,9
Minimum	107,0
Wasser zugeführt	110,8.

Der Satz wurde in Wasser gebracht und wieder aus demselben genommen:

benetzt	107,7
Minimum	105,7
Wasser zugeführt	108,0
Minimum	105,8
Wasser zugeführt	106,8
Minimum	105,8
Wasser zugeführt	107,3.

Wenn man einen Satz Deckgläser aus dem Wasser oder einer andern Flüssigkeit nimmt, so hat er oft eine viel geringere Dicke, als wenn man ihn trocken in das Instrument bringt und dann Wasser aufsteigen läßt. Es rührt dies davon her, daß die Benetzung im ersten Falle viel besser und vollständiger erfolgt, und daß bei dem Herausnehmen fast immer ein viel größerer Druck als in der Zange des Instrumentes ausgeübt wird.

Wir wenden uns nun zu einigen Versuchen mit absolutem Alkohol, wozu besonders gereinigter und über Ätzkalk destillierter benutzt wurde. Bei der rascheren Verdunstung des Alkohols kann man die Zusammenziehung bei der Verdunstung, sowie die Ausdehnung bei Zuführung von Alkohol an einem Satze Deckgläser innerhalb eines ziemlich kurzen Zeitraumes wiederholt beobachten. Dabei ist die genaue Übereinstimmung in der Dicke in analogen Zuständen zuweilen sehr überraschend. Da man indessen oft beobachten kann, daß, wenn zwischen denselben Deckgläsern Alkohol oder Wasser verdunsten, diese Flüssigkeiten beim Zurückweichen dieselben Umrisse annehmen und insbesondere die letzten Reste der Flüssigkeit immer wieder dieselbe Gestalt haben, so ist es erklärlich, daß auch die Zusammenziehung eines Glassatzes, die ja von der Gestalt des kapillaren Meniskus abhängt, bei wiederholten Versuchen wieder dieselbe Größe erreicht. Man könnte sogar eine Maschine konstruieren, wo die Bewegung von einem solchen sich zusammenziehenden und wieder ausdehnenden Glassatze bewirkt wird.

8.

10 quadr. Deckgl. von 15 mm Seite

3^h 19	N.	trocken	179,8
3^h 23	»	Alkohol zugeführt	177,9
3^h 39	»	Minimum	175,8

(Abnahme gegen den trockenen Zustand 2,2%, gegen den benetzten 1,2%.)

4^h 34	N.		175,9
4^h 35	»	Alkohol zugef.	177,1
4^h 51	»	Minimum	175,8
5^h 20	»		175,9

Alkohol zugeführt, Stand nicht notiert.

5^h 37	N.	Minimum	175,6
6^h 30	»		175,8
6^h 31	»	Alkohol zugef.	177,0
6^h 40	»	Minimum	175,8
10^h	»		175,9.

So war der Stand auch noch am andern Tage nach 14 Stunden.

12^h	N.		175,9
12^h 9	»	Alkohol zugef.	176,7
—		Minimum	175,6
1^h 28	»	Alkohol zugef.	176,6
1^h 35	»	Minimum	175,2
2^h 22	»	Alkohol zugef.	177,2
2^h 37	»	Minimum	175,7.

9.

20 quadr. Deckgl. von 15 mm Seite

aus dem Alkohol genommen	366,5	
Minimum	359,9	(1,8% Abnahme).
wieder in Alkohol, dann herausgenommen	365,5	
Minimum	359,2	(2% Abn.)
ging erschüttert vor auf	366,3	
wieder aus dem Alkohol genommen	365,2	
Minimum	358,3	(1,9% Abn.)
ging vor auf	362,2	
wieder aus dem Alkohol genommen	366,2	
Minimum	359,3	(1,9% Abn.)
ging vor auf	363,3	
wieder aus dem Alkohol genommen	366,2	

Minimum	358,0 (2,2 % Abn.)
ging (erschüttert) vor auf	366,7
wieder aus dem Alkohol genommen	363,9
Minimum	356,7 (2 % Abn.)
geht (erschüttert) vor auf	362,4
wieder aus dem Alkohol genommen	367,2
Minimum	358,2 (2,5 % Abn.)
geht dann vor auf	363,3.

10.

20 besonders dünne quadr. Deckgl.

trocken	292,9
Alkohol zugeführt	290,5
Minimum	286,2

Abnahme 1,9 % gegen den trockenen, 1,7 % gegen den benetzten Zustand.

Alkohol zugeführt	290,3
Minimum	285,8
Alkohol zugeführt	290,6
Minimum	285,9
Alkohol zugeführt	290,2
Minimum	285,9
In Alkohol gethan u. daraus genommen	299,2
Minimum	289,7 (1,7 % Abn.)
Alkohol zugeführt	293,0
Minimum	289,2.

Dieselben Deckgläser wurden abgewaschen und getrocknet und wieder in das Instrument gebracht.

trocken	291,8
Alkohol zugeführt	290,8
Minimum	285,2.

Abnahme 2,3 % gegen den trockenen, 1,9 % gegen den benetzten Zustand.

Alkohol zugeführt	289,1
Minimum	284,8
Alkohol zugeführt	289,0
Minimum	285,0.

Aus den mitgeteilten Versuchen ersieht man, daß Alkohol meist eine geringere kontrahierende Wirkung auf einen Glassatz ausübt als Wasser. Dies ist zu erwarten, da die Oberflächenspannung des absoluten Alkohols nur 1/3 derjenigen des Wassers beträgt. Doch

wirkt die bessere Benetzung der Gläser durch den Alkohol nach der entgegengesetzten Richtung. Um die Wirkung des Alkohols mit der des Wassers zu vergleichen, habe ich in den folgenden Versuchen zu demselben Glassatz bald Alkohol, bald Wasser zutreten lassen.

11.

Derselbe Satz von 10 quadratischen Deckgläsern, der zum Versuch 7 gedient hatte.

trocken	111,4
Alkohol zugeführt	109,7
Minimum	107,0
(Abnahme gegen benetzten Zust. 2,5 %)	
Alkohol zugeführt	108,8
Minimum	106,9
Alkohol zugeführt	108,7
Minimum	106,9
Alkohol zugeführt	108,7
Minimum	106,7 (1,8 % Abn.)
Wasser zugeführt	109,2
Minimum	105,9 (3 % Abn.)

Derselbe Glassatz wurde nunmehr in Wasser gelegt. Er zeigte aus demselben genommen

eine Dicke von	109,2
Minimum	105,8 (3,1 % Abn.)
Wasser zugeführt	107,9
Minimum	105,5
Wasser zugeführt	108,5
Minimum	105,3 (3 % Abn.)
Alkohol zugeführt	107,9
Minimum	105,6 (2,1 % Abn.)
Alkohol zugeführt	106,9
Minimum	105,5.

12.

40 quadr. Deckgl. von 18 mm Seite.

trocken	576,9
Alkohol zugeführt	574,0
Minimum	565,8
(Abnahme gegen benetzten Zust. 1,4 %)	
Alkohol zugeführt	571,7
Minimum	565,1
Wasser zugeführt	575,0

Minimum	560,8 (2,5% Abn.)
Wasser zugeführt	574,3.

Trotz mancher Schwankungen zeigt sich im ganzen das Wasser wirksamer als der Alkohol.

Es mag hier noch ein Versuch mit 5 geschliffenen Gläsern von 18 mm Seite Platz finden, welcher zeigt, wie gering die Wirkung des Meniskus auf solche Gläser von großer Dicke und ebener Berührungsfläche ist.

13.

trocken	215,7
Alkohol zugeführt	215,2
Minimum	214,8
Alkohol zugeführt	215,2
Minimum	215,0
Alkohol zugeführt	215,2
Minimum	215,0
dieselben 5 Gläser trocken	214,5
Wasser zugeführt	214,5
Minimnm	213,3
dieselben 5 Gläser trocken	213,8
Wasser zugeführt	213,8
Minimum	213,2.

Endlich will ich hier noch einen Versuch mit Ligroin beschreiben. Ligroin verdunstet so schnell, daß schon in einer halben bis einen Minute nach Zuführung desselben von unten her das Minimum der Dicke des Glassatzes erreicht ist. Gleich darauf fängt dieser wieder an sich auszudehnen.

14.

10 quadratische Deckgläser von 18 mm Seite. (Derselbe Satz wie bei den Versuchen 7 und 11.)

4^h 49	N.	trocken	112,1
4^h 49,5	»	Ligroin zugeführt	—
4^h 50	»	Minimum	108,0
4^h 51	»		108,8
5^h 1	»		109,8
5^h 2	»	Ligroin zugeführt	110,0
5^h 2,5	»	Minimum	108,0
5^h 3	»		109,0
5^h 11	»		109,9.

Ich habe noch eine Anzahl Versuche mit gleich großen dünnen quadratischen Glimmerblättern angestellt, die mit der Scheere aus Glimmerplatten möglichst gleicher Dicke ausgeschnitten wurden. Da Glimmer viel weicher ist als Glas, so war es bei diesen Versuchen notwendig, um das Einschneiden der Schneiden der Zange des Deckglastasters in den Glimmer zu verhindern, den Satz von Glimmerblättern beiderseits mit Deckgläsern zu decken. Übrigens schneiden diese Schneiden auch in Glas ein, so daß namentlich bei längerer Dauer des Versuches eine deutliche Spur auf dem Glase zurückbleibt; immerhin ist die Tiefe dieser Spur zu gering, um das Resultat des Versuches in merkbarer Weise zu beeinflussen. Bei den im Folgenden beschriebenen Versuchen ist die Dicke der 2 Deckgläser in den Angaben über die Gesamtdicke des Satzes mit enthalten, außer wenn das Gegenteil ausdrücklich gesagt ist. Wo aber die prozentische Verminderung der Dicke angegeben ist, wurde diese vom Glimmersatz allein, nach Abzug der Deckgläser, berechnet.

15.

20 quadratische Glimmerblätter von 15 mm Seite wurden aus Alkohol genommen und in das Instrument gebracht.

Aus dem Alkohol genommen	181,0
Minimum	164,3
ging vor bis auf	176,5
Alkohol zugeführt	181,3
Minimum	165,0
ging vor bis	177,7
Alkohol zugeführt	181,7
Minimum	165,0
ging vor bis	177,7
Alkohol zugeführt	181,6.

16.

30 dünne Glimmerblätter quadratisch von 15 mm Seite mit 2 Deckgläsern von zusammen 29,3 ($^1/_{100}$ mm) Dicke gedeckt.

Aus dem Alkohol genommen	133,2
Minimum	120,8 (12 % Abn.)
ging vor auf	133,0.

Dieselben Glimmerblätter wurden nochmals in Alkohol gethan.

Aus dem Alkohol genommen	133,0
Minimum	117,9 (15 % Abn.)
ging vor auf	133,2.

Derselbe Glimmersatz mit 2 Deckgläsern von zusammen 32,5 Dicke gedeckt.

Aus dem Alkohol genommen	134,3
Minimum	120,9
ging vor auf	132,1
Alkohol zugeführt	132,5
Minimum	122,1
ging vor auf	133,2
Alkohol zugeführt	133,1
Minimum	122,5
ging vor auf	133,2
Alkohol zugeführt	133,2
Minimum	123,0.

Derselbe Glimmersatz wurde wieder in Alkohol gelegt.

Aus dem Alkohol genommen	133,2
Minimum	122,5 (11% Abn.)

Wieder in Alkohol gelegt.

Aus dem Alkohol genommen	133,2
Minimum	122,5 (11% Abn.)
ging vor auf	133,2
Alkohol zugeführt	133,2
Minimum	123,7
Alkohol zugeführt	133,0
Minimum	122,7
Alkohol zugeführt	132,8
Minimum	122,7
ging vor auf	133,0.

Bei diesem Versuche ist die Übereinstimmung in der Größe des Minimum bei der öfteren Wiederholung sehr auffallend.

17.

Dieselben 30 Glimmerblätter mit denselben Deckgläsern wurden in Wasser gelegt.

Aus dem Wasser genommen	133,1
Minimum	116,2 (17% Abn.)
ging vor auf	128,9.

18.

30 andere Glimmerblätter, quadratisch von 15 mm Seite mit denselben Deckgläsern.

Aus dem Wasser genommen	176,2
Minimum	159,2 (12% Abn.)

Mit diesem Satze wurden nun noch wiederholt Versuche in der Weise angestellt, daß er in Wasser gebracht, dann in das Instrument gebracht und das durch Verdunstung des Wassers erzielte Minimum bestimmt wurde, dann kam der Satz wieder in Wasser u. s. f. Es zeigte sich dabei, daß die Dicke des Glimmersatzes bei dem Einstellen in das Instrument immer mehr abnahm bis zu einer Grenze, bei der die Abnahme aufhörte. Die Kontraktion durch Verdunstung blieb sich dabei unter einigen Schwankungen ziemlich gleich. In der folgenden Tabelle ist die Dicke des Satzes nach Abzug der beiden schützenden Deckgläschen angegeben, ferner die Kontraktion bei dem Minimum in Prozenten der jedesmaligen Dicke des Satzes beim Einstellen in das Instrument.

Versuch	Dicke	Kontraktion
1	141,0	12%
2	129,0	14 »
3	128,7	18 »
4	119,7	16 »
5	117,0	13 »
6	113,3	18 »
7	109,6	16 »
8	109,3	15 »
9	109,5	17 »

Im ganzen geht aus den hier mitgeteilten Versuchen mit Sätzen von Glimmerblättern hervor, daß diese sich bei dem Verdunsten der Flüssigkeit viel stärker zusammenziehen als solche von Deckgläsern. Dies rührt wohl davon her, daß die benutzten Glimmerblätter durchschnittlich dünner waren als die Deckgläser und eine viel geringere elastische Kraft besitzen, wie man schon bei dem Biegen mit der Hand leicht wahrnimmt. Man sieht ferner, daß, nachdem das Minimum der Dicke erreicht ist, der Satz aus Glimmerblättern sich viel leichter und stärker ausdehnt als der Glassatz. Es müssen also die letzten Reste der Flüssigkeit bei Glimmerblättern einen geringeren Einfluß auf das Aneinanderhaften haben als bei Deckgläsern.

Während in allen hier beschriebenen Versuchen zum Glas- oder Glimmersatze im Instrument Flüssigkeit von unten her zugeführt wurde, habe ich auch einigemal solche von oben her auf den Satz tropfen lassen. Man beobachtet dabei, daß bei fortgesetzter Wasserzugabe von oben die Dicke des Satzes zunimmt und selbst größer wird, als sie im trockenen Zustande war. Man findet dies aber nur bei Anwendung von Wasser, bei Alkohol ist die Erscheinung nur sehr

wenig ausgesprochen, ferner nur dann, wenn der Satz trocken in das Instrument gebracht wurde, oder im Verlauf des Versuches austrocknete. All dieses macht es wahrscheinlich, daß die Erscheinung auf den Luftblasen beruht, die bei dem Aufsteigen des Wassers zwischen den Gläsern übrig bleiben. Diese sind im Verhältnis zu ihrer Ausdehnung flach und von unregelmäßigem Umriß. Durch Wasserzusatz von oben her werden die Deckgläser momentan durch den Druck des Wassers und die Änderung des Meniskus auseinander gedrückt, die Luftblasen können dann ihrem Streben nach Abrundung leichter folgen, werden dabei dicker und drängen die Gläser ebenfalls auseinander, ein Zustand, der bestehen bleibt, auch nachdem das überflüssige Wasser abgeflossen ist.

Im Anschluß an die eben dargelegte Untersuchung habe ich auch noch einige merkwürdige Erscheinungen näher verfolgt, die bei der allmählichen Verdunstung einer dünnen Schicht Flüssigkeit zwischen zwei Glasplatten eintreten. Sie lassen sich in sehr einfacher Weise beobachten. Man bringt auf ein gut gereinigtes Deckglas eine kleine Menge Flüssigkeit, legt ein anderes Deckglas darauf und beobachtet dann den weiteren Verlauf. Die Menge der Flüssigkeit ist am besten so zu wählen, daß sie gerade den Zwischenraum zwischen den Deckgläsern ausfüllt; ein Überschuß läßt sich leicht am Rande entfernen. Man kann auch einen Tropfen auf einen Objektträger bringen und dann ein Deckglas darauf legen. Auch habe ich den Tropfen zwischen zwei dickere Glasplatten, z. B. geschliffene Deckgläser, gebracht und ebenso zwischen Glimmerblätter, ohne einen wesentlichen Unterschied in den Erscheinungen wahrzunehmen.

Die Flüssigkeit zwischen den Deckgläsern nimmt mit der Zeit durch die am Rande stattfindende Verdunstung ab; infolge dessen zieht sie sich vom Rande zurück, indem größere oder kleinere Einbuchtungen eintreten. Weiterhin bildet sie dann meist eine sehr unregelmäßig begrenzte zusammenhängende Fläche, sie kann dabei aber auch in zwei oder mehr nicht zusammenhängende Teilflächen zerfallen. Zugleich wird vom Meniskus der Flüssigkeit aus ein wachsender negativer Druck auf die Gläser ausgeübt, sie werden an einander gepreßt. Wenn zwischen den Deckgläsern eine farbige Flüssigkeit sich befindet, so erkennt man die engeren und weiteren Zwischenräume zwischen ihnen an der verschiedenen Intensität der Farbe, indem die engeren hell, die weiteren dunkel erscheinen. Aber auch an farblosen Flüssigkeiten werden diese Verhältnisse deutlich, wenn bei der fortschreitenden Annäherung der Gläser die *Newton*'schen

Farbenringe auftreten. Diese zeigen sich zuerst innerhalb der Flüssigkeit, sie umziehen in Form meist sehr unregelmäßiger Kurven die engsten Stellen zwischen den Gläsern. Stellenweise sieht man aber auch regelmäßiger angeordnete Ringe in Gestalt konzentrischer Kreise oder ziemlich regelmäßiger Ellipsen und anderer Kurven. Mit der immer größeren Annäherung der Gläser treten dann die Farbenringe späterer Ordnung, die den weiteren Zwischenräumen entsprechen, aus der Flüssigkeit heraus und verlaufen, parallel dem Rande der letzteren, im lufthaltigen Teile zwischen den Gläsern, wobei die Farben, wie bekannt, viel glänzender hervortreten. Indem die Flüssigkeit immer mehr zusammenschrumpft, treten endlich alle Farbenringe aus derselben heraus; sie ist dann nur auf das dunkle Feld im Innern der Ringe beschränkt. Man sieht die Ringe sowohl im reflektierten wie im durchgehenden Licht sehr gut mit bloßem Auge, doch werden namentlich die ersteren mit Hülfe einer Lupe noch deutlicher. Auch unter dem Mikroskop kann man sie sehr gut beobachten; im reflektierten Licht am besten, indem man das Deckglaspaar auf schwarzem Grund, unter einem halben rechten Winkel gegen das Gesichtsfeld geneigt, von oben betrachtet.

So lange noch Flüssigkeit vorhanden ist, erkennt man namentlich bei Beobachtung unter dem Mikroskop sehr deutlich den scharfen äußeren Rand derselben. Wenn die Flüssigkeit flüchtig und rein ist, so verschwindet zuletzt der Rand, nachdem man ihn bis an das dunkle innere Feld verfolgen konnte. Es findet dann ein etwas verwaschener Übergang vom Weiß erster Ordnung zum dunklen inneren Felde statt. Dies Feld wird nach innen zu nicht dunkler, sondern zeigt, wenn keine Unregelmäßigkeiten vorhanden sind, eine gleichmäßige Intensität. Sehr häufig treten aber darin hellere Stellen auf, die das Weiß erster Ordnung und noch andere Farbenringe in umgekehrter Ordnung gegen die äußere Umgrenzung des dunkeln Feldes zeigen und Stellen entsprechen, wo die Gläser weiter von einander entfernt sind.

Wenn auch die Flüssigkeit zwischen den Gläsern nicht mehr sichtbar ist, so bleiben diese doch in der Regel vereinigt, indem das dunkle Feld dieselbe Ausdehnung behält wie bei dem Verschwinden der Flüssigkeit und auch die anderen Farbenringe unverändert zu sehen sind. Wenn man versucht, die zwei Deckgläser von einander wegzuschieben, findet man einigen Widerstand, und sie bleiben, wenn sie nicht absichtlich getrennt werden, jahrelang vereinigt; die Verbindung wird sogar immer fester.

In Bezug auf die Farbenringe habe ich noch zu bemerken, daß das dunkle Feld zunächst von einem schmalen und manchmal schwer sichtbaren blauen oder blaugrauen Ringe umgeben ist, dann tritt ein reines Weiß deutlich hervor, das durch Gelb und Braun in Rot übergeht, worauf dann die Farben zweiter Ordnung in bekannter Weise folgen. Mir erscheinen also die Farben erster Ordnung ungefähr so, wie sie von *Newton*[1]) beschrieben wurden. Ich führe das hier an, weil *Brücke*[2]) bemerkt, der erste Ring sei nicht blau, sondern lavendelgrau, und reines Weiß sei hier nicht zu finden. Indessen hat *Brücke* seine Farben auf ganz andere Weise beobachtet und es ist wohl erklärlich, daß bei dem engen Aneinanderliegen der Ringe unter den Verhältnissen, wie sie hier vorliegen, andere Mischfarben besonders deutlich hervortreten.

Wenn die Flüssigkeit nicht ganz rein ist, so verschwindet sie nicht vollständig, sondern der Rand bleibt erhalten, indem sie allmählich dicker wird und schließlich mit den beiden Gläsern verklebt. Sehr häufig liegt der Rand gerade an der Grenze des dunklen Feldes. Dieses ist dann nach außen besonders scharf abgegrenzt. Natürlich kann, wenn die Flüssigkeit reicher an gelösten festen Stoffen ist, die Grenze auch an einem anderen Ringe liegen, der einem weiteren Zwischenraum entspricht. Manchmal ist auch eine solche scharfe Grenze nur teilweise ausgebildet und nicht am ganzen Umkreise zu sehen. Diese Erscheinungen sind am besten unter dem Mikroskop zu beobachten, wobei eine nicht sehr starke Vergrößerung z. B.: Okul. 4, Obj. A, Zeiß am geeignetsten ist.

Die Zeit, die bis zum Verschwinden der Flüssigkeit oder bis zur möglichsten Verminderung derselben verfließt, ist verschieden, aber meist verhältnismäßig lang selbst bei ziemlich flüchtigen Körpern. So kann es bei 20° C. mehrere Stunden dauern, bis der Rand der Flüssigkeit bei absolutem Alkohol verschwindet; bei reinem Wasser kann man manchmal unter diesen Umständen noch nach einem Tag das Vorhandensein der Flüssigkeit nachweisen und Lösungen können mehrere Tage flüssig bleiben.

Man kann das dunkle von *Newton*'schen Ringen umgebene Feld auch noch in anderer Weise erzeugen. Man preßt zwei frisch gereinigte Deckgläser aneinander, indem man sie unter Gewichte bringt, oder noch einfacher, indem man sie fest mit der Pinzette faßt und mit dieser einigemal hin- und herfährt. Dann bleiben sie aneinander

---

[1]) *Newton*, Optik, II. Buch, S. 29. *Ostwalds* Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 97.

[2]) *Poggendorf*, Annalen 150/74. 1848. S. 584.

haften und zwar auf beliebig lange Zeit, auch nachdem man die Pinzette entfernt hat. Bei solchen Deckglaspaaren bemerkt man immer, daß der Übergang zum dunkeln Felde allmählich (verwaschen) stattfindet, und ein deutlicher Rand ist natürlich nicht zu sehen, so wenig wie in dem erst beschriebenen Falle, wo das Aneinanderhaften der Platten durch Verdunsten einer reinen flüchtigen Flüssigkeit veranlaßt wurde. Wenn aber in beiden Fällen die verbundenen Deckgläser einige Zeit liegen gelassen werden, also z. B. einige Wochen, so bemerkt man, daß ein solcher scharfer Rand jetzt deutlich unter dem Mikroskop wahrgenommen werden kann; ja wenn die Deckglaspaare längere Zeit liegen, so rückt dieser scharfe Rand vor und kann so andere *Newton*'schen Ringe der ersten und zweiten Ordnung erreichen. Es beruht dies augenscheinlich auf der Absorption von Wasserdampf aus der Luft; das absorbierte Wasser verklebt die Gläser immer fester zusammen.

Wenn man zwei aneinander haftende Deckgläser, namentlich wenn sie einige Zeit mit einander verbunden waren, auseinandernimmt, so bemerkt man deutlich am Rande des früheren dunkeln Feldes eine Veränderung der Oberfläche, die nicht mehr glänzend, sondern trübe und rauh erscheint. Unter dem Mikroskop erkennt man, daß die Trübung von sehr kleinen, kugligen (fest gewordenen) Tröpfchen herrührt. Alles dies deutet darauf hin, daß beim Aneinanderhaften der Gläser außer der Adhäsion auch eine Art von Verkleben stattfindet; es giebt ja auch keine vollkommen reine Glasoberfläche. Aber auch ganz frisch abgespaltene Glimmerblätter, die unmittelbar nach dem Spalten mit der Pinzette aneinandergedrückt werden, haften fest zusammen; sie bedürfen sogar eines nur sehr geringen Drucks, um ein weit ausgedehntes dunkles Feld zu zeigen. Hier wird man das Haften nur durch Adhäsion erklären können. Auf das Wesen der Adhäsion will ich nicht näher eingehen. Bemerkenswert ist das Verhalten der aneinanderhaftenden Gläser beim Erwärmen. Wenn haftende Deckglaspaare frisch hergestellt sind, so trennen sie sich meist von einander schon bei mäßigem Erwärmen. Solche aber, die längere Zeit mit einander verbunden waren, können bis zum Erweichen und Schmelzen erhitzt werden, ohne auseinanderzugehen.[1]) Frisch durch Spalten bereitete aneinander haftende Glimmerplatten verhalten sich

[1]) Es ist eine sehr bekannte Erscheinung, daß Glasplatten, die längere Zeit unter starkem Druck auf einander liegen, zuletzt so fest verbunden sind, daß sie eher zerbrechen als sich von einander trennen lassen. Vergl. darüber Van der Mensbrugghe, Bullet. Acad. de Belg. 5 déc. B. 27. 1894. S. 883.

etwas anders. Diese können selbst stark erhitzt werden, ohne sich zu trennen. Man sieht dann im dunkeln Felde wohl zahlreiche weiße, sehr regelmäßige Kreise auftreten (Trennungsstellen); diese verschwinden aber wieder bei dem Erkalten.

Ich habe bisher schon mehrfach vom dunkeln Felde gesprochen, das umgeben von den Newton'schen Ringen der verschiedenen Ordnungen in dem auf irgend eine Weise aneinander gedrückten Deckglaspaare auftritt. Nach Newtons Optik (Ostwald, Classiker Nr. 97), S. 29, wäre die Größe des Zwischenraumes (für Luft) in dem ersten blauen Ringe 2,4 Milliontel engl. Zoll, also etwa 60 Milliontel mm. Die Entfernung der Platten im dunkeln Felde muß also unter dieser Größe liegen. An dem dunkeln Felde kann man weiterhin im Innern keine schwärzeren Stellen unterscheiden, wohl aber oft hellere Stellen; doch ist es aus andern Gründen wahrscheinlich, daß die Entfernung der Deckgläser vom Rande des dunklen Feldes nach innen zu abnimmt und vielleicht selbst an einzelnen Punkten null wird.

Wie schon erwähnt, kann man unter dem Mikroskop niemals den Rand der verdunstenden Flüssigkeit bis in das dunkle Feld hinein verfolgen, wohl einfach deswegen, weil er dann so dünn wird, daß es unmöglich ist, ihn deutlich zu erkennen. Wenn man aber farbige Lösungen, wie Fuchsin, Methylenblau u. dgl., zwischen den Deckgläsern verdunsten läßt, so sieht man, daß die Farbe eine ziemliche Strecke in den dunkeln Raum eindringt, dann allmählich blasser wird und schließlich für die Beobachtung unter dem Mikroskope verschwindet, ohne daß man bestimmt angeben könnte, wo sie aufhört. Eine deutliche Grenze ist hier niemals zu erkennen. Wenn man an den Rand eines Paars Deckgläser, die durch Druck aneinander gepreßt sind und ein dunkles Feld zeigen, einen Tropfen Flüssigkeit bringt, so dringt diese zwischen die Gläser ein, ohne daß zunächst die Anordnung der Newton'schen Ringe wesentlich verändert wird; nur daß sich jetzt statt Luft Flüssigkeit zwischen den Gläsern befindet. Besonders interessant ist es nun, das Aufsteigen der Flüssigkeit unter dem Mikroskop zu beobachten, was sowohl im durchgehenden wie im auffallenden Lichte geschehen kann. Ich wandte anfangs, um die Bewegung zu verlangsamen, dicke Flüssigkeiten an, wie konzentrierte Gummilösung oder durch Erwärmen verflüssigtes Gelatinglycerin. Man kann aber auch mit dünneren Flüssigkeiten arbeiten, wenn man davon nur eine möglichst geringe Menge an den Rand des Deckglaspaares bringt. Ich benutzte dann auch Tinte, flüssige Tusche und konzentrierte alkoholische Fuchsinlösung, welche letztere besonders gut geeignet ist und noch einige

andere merkwürdige Erscheinungen erkennen läßt. Die Flüssigkeit dringt zuerst mit breitem Strom ein; wenn sie aber an den Rand des dunkeln Feldes gelangt, so wird sie schmäler und steigt als immer schmäler werdender Strom an der Grenze des Feldes hinauf. Unter dem Mikroskop kann man die Gestalt des aufsteigenden Stromes deutlich verfolgen. Dieser ist nach außen scharf begrenzt, nach innen ohne scharfe Grenze. Der äußere Rand ist nach außen convex und endigt, so lange der Strom in Bewegung ist, nach oben in eine Art Kuppe, die nach innen, nach dem Innern des dunkeln Feldes zu, allmählich ansteigt und hier undeutlich wird und der Beobachtung sich entzieht, ohne daß man eine bestimmte Grenze wahrnimmt. Ich habe auch hier nicht gefunden, daß starke Vergrößerung viel weiter bringt, sondern Zeiß, Okular 4, Objektiv A als am geeignetsten erkannt. Der Ort, wo der Rand der Kuppe noch sichtbar war, lag, wenn ich ihn deutlich bestimmen konnte, diesseits der Innengrenze des ersten blauen Ringes erster Ordnung nach dem dunkeln Felde hin. Geht man von der Kuppe nach rückwärts, so nimmt die Breite des Stromes nach außen immer mehr zu, und es findet auch immer eine deutliche Bewegung des Randes nach außen hin statt. Mit Rücksicht auf diese Erscheinung bemerke ich, daß die Schnelligkeit der Bewegung der einströmenden Flüssigkeit von zwei Ursachen abhängt, von der Beschaffenheit des Meniskus und von der Reibung. Mit der Enge des Zwischenraums wächst die anziehende Kraft des Meniskus, aber auch die Reibung; für einen an Dicke allmählich abnehmenden Zwischenraum muß das Maximum der Schnelligkeit der Bewegung an einer bestimmten Stelle liegen und von da nach beiden Seiten abnehmen. Diese würde also hier jedenfalls noch außerhalb der Stelle zu suchen sein, wo die Kuppe der Beobachtung verschwindet, also an einem Orte, wo die Entfernung der Gläser beträchtlich geringer ist als 60 Milliontel mm. Man könnte freilich annehmen, die Flüssigkeit dringe in den dunkeln Raum zwischen den Gläsern überhaupt nicht ein, bewege sich nur an dessen Grenze hin. Aber man kann aus folgender Thatsache schließen, daß sie wirklich in diesen Raum eindringt, wenn man dies auch nicht direkt sehen kann. In dem dunkeln Felde liegen oft hellere Stellen, die Unebenheiten im Glase oder Femdkörpern ihre Entstehung verdanken. Die Gläser sind hier weiter von einander entfernt und demgemäß zeigen diese Stellen das Blaugrau oder Weiß erster Ordnung oder auch noch andere Farbenringe. Diese hellen Partieen sind isoliert, durch das dunkle Feld von dem äußeren Rande des letzteren getrennt. Wenn nun die Flüssigkeit am äußeren Rande aufgestiegen ist, so

zeigt sich auch bald um die isolierten helleren Stellen ein deutlicher Rand von Flüssigkeit, der früher nicht zu sehen war. Da nun die Flüssigkeit nur durch das dunkle Feld zu diesen hellen Stellen gelangen kann, so muß sie auch in diesem vorhanden sein, sei es als zusammenhängende Schicht oder als Netzwerk.

Der äußere Rand der Flüssigkeit bildet keine gerade Linie, sondern ist vielfach durch rundliche Ausbuchtungen zerklüftet und schließt viele eigentümlich gewundene Luftvakuolen ein, wenn auch die äußersten Punkte immer ungefähr eine gerade oder gekrümmte Linie darstellen. Nach der Kuppe hin werden die Zerklüftungen feiner und zeigen hier öfters einen andern Charakter, sie haben nämlich mehr das Aussehen einer gebrochenen Linie mit vielen scharfen Winkeln. Hier sind nämlich kleine Ritzen und Putzstreifen, die im Glase selten fehlen, von besonderem Einfluß auf die Gestalt des Randes. Zuletzt umzieht die eingedrungene Flüssigkeit das dunkle Feld als ein vollständiger Ring und rückt von da nach außen vor.

Die alkoholische konzentrierte Fuchsinlösung zeigt einige interessante Besonderheiten. Anfangs hat die Kuppe der einströmenden Lösung bei Beobachtung unter dem Miskroskop eine schöne rosenrote Farbe. Nach einiger Zeit (mit zunehmender Konzentration) bemerkt man aber, daß die Lösung in zwei Flüssigkeiten zerfällt, von denen die eine farblos ist und in der Bewegung, sowohl in aufsteigender Richtung, wie nach dem Außenrande hin, der anderen, rot gefärbten, vorauseilt. Die rote Flüssigkeit ist gegen die farblose scharf abgegrenzt und bewegt sich, anfangs in zusammenhängender Schicht, langsamer als diese, in derselben Richtung. Nachdem wieder einige Zeit verflossen ist, zerklüftet sich die rote Flüssigkeit, sie trennt sich in zahlreiche anastomosierende Strömchen, zwischen denen eigentümlich lang gestreckte dendritisch verzweigte Lücken als sehr helle weiße Räume erscheinen; sie ist dann noch immer im Fließen begriffen, erstarrt aber endlich, wobei das Netzwerk erhalten bleibt. Es zeigt sich aber auch in ähnlicher Gestalt an den dünneren Stellen der zwischen Deckgläsern durch allmähliche Verdunstung auf die zuerst beschriebene Weise erhaltenen Belage von Fuchsin. An den dünnsten Stellen kann man erkennen, daß der Verlauf der Linien des Netzes sich nach den Putzstreifen des Glases richtet. Das Zerfallen der Flüssigkeit in anastomosierende Strömchen ist wohl so zu erklären, daß sie zuletzt bei immer enger werdenden Zwischenraum an den besser adhärierenden Partieen der Glasplatten allein haften bleibt.

Hierbei will ich noch bemerken, daß, wenn man Lösungen auf die früher erwähnte Art zwischen Deckgläsern langsam verdunsten

läßt, oft sehr schöne und interessante Krystalle und Krystallaggregate erhalten werden. So erhält man, wenn man eine Lösung von übermangansaurem Kali verdunsten läßt, oft die moosartigen Krystallaggregate, die in Lehmanns Molekularphysik 1. Aufl., B. 1, S. 384 beschrieben und abgebildet sind, ebenso ausgefaserte Krystalle, d. h. säulenförmige, die am Ende in Büschel feiner Trichiten ausgehen. Öfters treten auch sehr schöne Sphärokrystalle auf, namentlich bei Anilinfarbenlösungen. So beobachtet man regelmäßig bei dem Verdunsten von alkoholischer Eosinlösung kreisförmige, deutlich radial gebaute Sphärokrystalle, die im durchgehenden Lichte gelbrot, im auffallenden eine glänzende blaue Oberflächenfarbe zeigen. Sie sind bei großer Dünne, die nach den *Newton*'schen Ringen, in denen sie liegen, bestimmt werden kann, oft von relativ bedeutender Ausdehnung nach den andern Dimensionen; ihr Durchmesser erreicht $^1/_3$ mm. Auch aus wässeriger Fluorescinlösung erhielt ich Sphärokrystalle. In alkoholischer Fuchsinlösung bilden sich beim Verdunsten zuweilen zahlreiche, im durchfallenden Lichte rote, im auffallenden, teils blau, teils weißgrün schillernde Sphärokrystalle von polygonalem Umriß. Bemerkenswert ist, daß sie gewöhnlich größere und kleinere Lücken zeigen. Je dünner sie sind, desto mehr sind sie zerklüftet, so daß die dünnsten eine Art Netzwerk darstellen. In dem Farbenbelag, der bei dem Verdunsten solcher Farbstofflösungen zurückbleibt, sieht man auch manche farblose Krystalle und Krystallaggregate, die meist nicht näher zu bestimmen sind, doch konnte ich in einem Falle sehr schön ausgebildete, äußerst dünne farblose Würfel als Kochsalzkrystalle erkennen. Ich glaube, daß man bei näherer Untersuchung der Erscheinungen, die sich bei dem Einströmen von Flüssigkeiten und bei der Krystallisation in engen Zwischenräumen zeigen, noch manches Interessante finden wird.

Am Schlusse dieser Arbeit will ich hervorheben, daß sich aus den beobachteten Erscheinungen bei dem Verdunsten von Flüssigkeiten zwischen Deckgläsern ergiebt, daß der Meniskus einer Flüssigkeit zwischen zwei Platten, die um 60 Milliontel eines mm von einander entfernt sind, noch einen negativen Druck ausübt, was für die Kenntnis der Grenzen, innerhalb deren die Kapillaritätsgesetze wirksam sind, nicht ohne Bedeutung ist.

Der Formenkreis von Anuraea cochlearis.

Ein Beitrag zur Kenntnis der Variabilität bei Rotatorien.

Von **Robert Lauterborn.**

I. Teil: **Morphologische Gliederung des Formenkreises.**

(Mit einer Tafel und 5 Textfiguren.)

Einleitung.

Obwohl man heutzutage kaum eine größere Arbeit über Rotatorien zur Hand nehmen wird, ohne in derselben auch mehr oder weniger ausführliche Angaben über Variabilität dieser Organismen zu finden, scheint doch, soweit mir bekannt, noch niemand den Versuch gemacht zu haben, den ganzen Variationskreis einer bestimmten Art in seinem weiteren Umfang einer systematischen Untersuchung zu unterziehen. Vor allem harren noch die Fragen ihrer Lösung, ob sich in der bei gewissen Arten fast verwirrenden Fülle der Formen bestimmte Variationsrichtungen nachweisen lassen, und dann weiterhin, ob bei der Ausprägung der einzelnen Varietäten die äußeren Einflüsse, wie sie vor allem in der physischen Beschaffenheit der Gewässer, sowie im Wechsel der Jahreszeiten gegeben sind, eine bestimmende Rolle spielen.

Es bedarf kaum eines besonderen Beweises, daß zu derartigen Studien sich nicht alle Rotatorien in gleichem Maße eignen. Ein auch nur halbwegs befriedigendes Resultat wird sich wohl nur an jenen Formen erreichen lassen, welche Gewässer mit sehr verschiedenen Existenzbedingungen bewohnen und zu allen Jahreszeiten in reichlicher Individuenmenge vorkommen, so daß man nach Belieben Hunderte von Exemplaren durchmustern kann. Von nicht zu unterschätzender praktischer Bedeutung ist dann weiter, daß gerade die variierenden Charaktere des Untersuchungsobjektes sich leicht konservieren lassen müssen, um stets ein Nachprüfen und Ergänzen des

früher Gefundenen zu ermöglichen. Dieser letzte Umstand ist es nun vor allem, welcher uns zwingt, bei Studien über die Variabilität der Rädertiere nach den oben angedeuteten Richtungen hin von vornherein die großen Abteilungen der Rhizota, Bdelloidea und Ploima (Illoricata)[1] vorläufig wenigstens auszuscheiden: denn obwohl die zahlreichen Vertreter dieser Gruppen ja natürlich ebenfalls mannigfachen Variationen unterworfen sind, so setzt doch ihr zarthäutiger und oft so außerordentlich kontraktiler Körper einer auch nur einigermaßen befriedigenden Massenkonservierung der natürlichen Gestalt noch die größten Schwierigkeiten entgegen. Es bleiben uns somit nur die gepanzerten Rädertiere, die Abteilung der Loricata, übrig, bei deren Panzer die innerhalb der Art variierenden Charaktere bei jedem Individuum gewissermaßen in feste Formen gegossen und so auch in konserviertem Zustand jederzeit der Messung und Vergleichung zugänglich sind. Aber auch hier gilt es zu sondern. Beiseite bleiben jene Arten, die, obwohl in ihrem Vorkommen keineswegs besonders exklusiv, doch meist in zu geringer Individuenzahl auftreten, als daß man sie immer mit Sicherheit in genügender Menge erbeuten könnte. Zu ihnen gehört vor allem die große Mehrheit der den Boden, das Gewirre der Wasserpflanzen und den Schlamm bewohnenden Rotatorien. Es bleiben uns somit nur noch die Formen des freien Wassers, die Mitglieder des Planktons, die in großen Scharen die Fluten bevölkern. Von ihnen kommen in die engere Wahl wiederum jene Arten, welche sich in ihrem zeitlichen Vorkommen als unabhängig von der Temperatur des Wassers erweisen und darum in keinem Monat des Jahres völlig vermißt werden. Zu diesen eurythermen «perennierenden» Rotatorien, die ich schon vor einer Reihe von Jahren in Gegensatz zu den stenothermen «Sommerformen» gestellt habe (94 und 98), gehören, wenn wir hier nur die gepanzerten in Betracht ziehen, vor allem Angehörige der Gattungen Brachionus, Notholca und Anuraea. Brachionus ist im Plankton durch zwei sehr häufige und ziemlich variierende Arten vertreten: Br. pala *Ehrb.*, welcher aber in meinem speciellen Untersuchungsgebiet, dem Oberrhein und seinen Altwassern, etwas ungleichmäßig verteilt ist, da er entschieden mehr die Teiche bewohnt und namentlich solche, welche reich an gewissen blaugrünen Algen wie Clathrocystis und Sphaerozyga sind; Br. angularis *Gosse*[2], der sehr bedeutende Variationen bezüglich seiner Größe zeigt, verhält sich ähnlich. Die Gattung Notholca

[1] In der Begrenzung von *Hudson* und *Gosse* (1886).

[2] Brachionus punctatus *Hempel* (lineatus *Skorikow*) ist Sommerform.

ist im Plankton vornehmlich durch die bekannte Noth. longispina *Kell.* vertreten, welche aber im Gegensatz zu den genannten Brachionus-Arten mehr die seeartigen Altwasser bevorzugt und in kleineren Teichen seltener ist oder fehlt. Die anderen Arten N. acuminata *Ehrb.* — labis *Gosse* — striata *O. F. M.*, alle durch Übergänge miteinander verbunden, sind, ebenso wie Notholca heptodon *Perty*, ohne im Sommer völlig zu fehlen, doch in ihrem zeitlichen Vorkommen mehr an die kältere Jahreszeit gebunden (*Lauterborn* 94, *Apstein* 96) und dadurch wenig geeignet, einen eventuellen Einfluß der Jahreszeit auf das Auftreten der Varietäten zu dokumentieren.

Es bleibt somit nur noch die Gattung Anuraea. Diese besitzt nun thatsächlich zwei Arten, nämlich Anuraea cochlearis *Gosse* und Anuraea aculeata *Ehrb.*, welche allen eingangs dieser Arbeit aufgestellten Forderungen für ein Studium der Variabilität bei Rädertieren genügen. Sie finden sich wohl in jedem Gewässer, dessen blinkender Spiegel noch nicht zu sehr durch wuchernde Pflanzen eingeengt ist; sie sind auffallend unempfindlich gegen die wechselnde Temperatur ihres Wohnortes — trifft man doch eiertragende Individuen ebensogut in den eisigkalten, als in den von der Sonnenglut bis zu 30° C. durchwärmten Fluten und — last not least — sie sind beide so außerordentlich zur Varietätenbildung geneigt wie wenige andere Rotatorien.

Als Objekt der vorliegenden Untersuchung habe ich Anuraea cochlearis gewählt. Gerade bei dieser Art fiel mir schon bald nach Beginn meiner Planktonstudien (1891) die enge Abhängigkeit gewisser Varietäten von bestimmten Gewässern und Jahreszeiten auf und dies veranlaßte mich, seit 1893 in den Protokollen meiner Planktonfänge stets Angaben über Größe, Struktur etc. des Panzers von Anuraea cochlearis beizufügen. Auf diese Weise ergab sich im Laufe der Jahre nach und nach ein ganz anschauliches Bild des jährlichen Variationsganges und zugleich ohne weiteres der Nachweis, daß dieser Variationsgang in jedem Gewässer in besonderer Weise ausgeprägt ist und sich hier jahraus jahrein in annähernd derselben Weise wiederholt. Die sehr beträchtlichen Variationen der Größe lassen sich selbstverständlich nur mittels genauer mikrometrischer Messungen ergründen, die sich vor allem auf die Länge des Panzers und seiner Fortsätze (Vorderdornen und Hinterdorn), sowie auf die Breite erstreckten. Um den vermuteten Einfluß der Jahreszeit auf die Größe des Panzers von Anuraea cochlearis sichtbar zu machen, war es nötig, zu allen Monaten des Jahres eine bestimmte Anzahl von Individuen zu messen: so wurden in dem am längsten und inten-

sivsten durchforschten Altrhein bei Neuhofen jeden Monat 50 Exemplare, 25 aus der ersten und 25 aus der zweiten Monatshälfte, in den übrigen sechs untersuchten Gewässern, soweit als möglich, je 25 Exemplare pro Monat gemessen. Für 6 Gewässer liegen Maße aus allen Monaten des Jahres vor, für den Altrhein bei Neuhofen sogar solche von je 15 zu 15 Tagen. In einigen seltenen Fällen, die besonders vermerkt sind, mußte ich mich mit einer geringeren Zahl als 25 Exemplaren begnügen. Der Grund hierfür ist einzig und allein darin zu suchen, daß in den betreffenden Monaten Anuraea cochlearis (wohl infolge vorausgegangener Dauerei-Bildung) so außerordentlich selten geworden war, daß es auch trotz eifrigstem Suchen nicht gelang, mehr Exemplare in dem gesammelten Materiale aufzutreiben.

Man könnte vielleicht einwenden (und ich habe dies mir selbst gegenüber schon gethan), es sei die Zahl der der Messung unterworfenen Individuen für die Ableitung allgemeiner Gesetze der Variation bei Anuraea cochlearis doch etwas zu gering. Demgegenüber mag betont werden, daß die gemessenen Individuen nur einen sehr geringen Bruchteil der überhaupt beobachteten Individuen darstellen, deren Zahl ich indessen nicht einmal annähernd abschätzen kann, da ich bei meinen Planktonstudien seit Jahren beinahe unwillkürlich jedes mir zu Gesicht gekommene Exemplar von Anuraea etwas genauer betrachtet habe. Nun ist bekannt, daß bei jeder intensiven Beschäftigung mit einem solch' speciellen Objekte das Auge bald einen gewissen Scharfblick erlangt für das Typische, Charakteristische, Bleibende, ebensogut wie für alles, was davon auch nur im geringsten abweicht; es gewöhnt sich Feinheiten wahrzunehmen, über welche der Blick des flüchtigen oder ungeschulten Beschauers verständnislos hinweggleitet. Ich glaube daher annehmen zu dürfen, daß in den von mir untersuchten Gewässern kaum eine der vielgestaltigen Formen von Anuraea cochlearis entgangen ist und daß es mir auch weiterhin sicher aufgefallen sein würde, wenn irgend eines der zahlreichen beobachteten Exemplare durch seine Größendimensionen oder durch Eigentümlichkeiten seiner Panzerstruktur in bedeutendem Grade von den relativ wenigen in jedem Monat der Messung unterworfenen Exemplaren abgewichen wäre.

Daß in anderen Gewässern sich noch andere Formen und Varietäten sowie wohl auch andere Kombinationen des jährlichen Variationsganges werden nachweisen lassen, scheint mir sicher, da ja schon in meinem relativ nicht sehr ausgedehnten Untersuchungsgebiete jedes der Jahre hindurch untersuchten Wasserbecken nach beiden

Richtungen hin seinen eigenen charakteristischen Typus erkennen ließ. Auf der anderen Seite dürfte aber doch einigen in der vorliegenden Arbeit mitgeteilten Ergebnissen eine allgemeinere Geltung zukommen. Ich denke hierbei in erster Linie an die Korrelation beim Variieren einzelner Teile des Panzers von Anuraea cochlearis, an das Vorkommen bestimmter Variationsrichtungen, an die Abhängigkeit des Auftretens der Varietäten hispida, irregularis von der wärmeren Jahreszeit und deren Vikariieren mit der var. robusta — alles Erscheinungen, die sich in den verschiedensten Gewässern seit langen Jahren so auffallend konstant erwiesen haben, daß ihnen wohl eine gewisse Gesetzmäßigkeit zu Grunde liegen muß. Und gerade der Nachweis einer Korrelation zwischen der Ausprägung bestimmter morphologischer Charaktere und der Einwirkung bestimmter äußerer Einflüsse scheint mir — auch wenn wir von letzteren, wie im vorliegenden Falle, vorläufig nur den Effekt der Gesamteinwirkung und noch keineswegs den Anteil einzelner ausschlaggebender Komponenten zu überblicken vermögen — nicht ganz ohne Wert auch für allgemeine Fragen unserer Wissenschaft: zeigt es doch vielleicht, wenn auch vorerst noch in weiter Ferne, die Möglichkeit einer Lösung des Species-Problems auf empirischem Wege.

Das auf den folgenden Seiten niedergelegte Thatsachenmaterial zerfällt in zwei Teile. Der vorliegende erste behandelt von rein morphologischem Standpunkte aus die zahlreichen Varietäten und Formen von Anuraea cochlearis und deren Gliederung in besonderen Variationsreihen. Der in Bälde folgende zweite Teil versucht dann an der Hand einer Schilderung des jährlichen Variationsganges in 7 Gewässern den Nachweis einer Abhängigkeit dieser Formen von bestimmten biologischen Bedingungen, wie sie in der Verschiedenheit der Gewässer und im Wechsel der Jahreszeit gegeben sind. Daran werden sich Bemerkungen allgemeiner Natur sowie Ausblicke auf verwandte Gebiete anschließen.

Das Wesentlichste der hier niedergelegten durch Abbildungen und Tabellen erläuterten Untersuchungen habe ich schon vor einiger Zeit bekannt gemacht. Einmal in einem Vortrag auf der Versammlung der Deutschen Zoologischen Gesellschaft zu Heidelberg am 3. Juni 1898 und dann in einer vorläufigen Mitteilung, welche im «Zool. Anzeiger» zum Abdruck gelangte (98). Das Bestreben, in allen untersuchten Gewässern möglichst lückenlose Beobachtungsreihen des jährlichen Variationsganges zu erhalten, sowie dann vor allem die sehr langwierigen Messungen und Berechnungen haben den Abschluß der vorliegenden ausführlichen Arbeit länger hinausgeschoben, als ich früher annehmen zu dürfen glaubte.

Morphologie des Variationskreises von Anuraea cochlearis *Gosse*.

Die typische Form.

Anuraea cochlearis wurde als Art bereits 1851 von *Gosse* aufgestellt. Im Jahre 1886 hat dann der Autor eine ausführlichere Darstellung gegeben, deren morphologischer Teil auch hier eine Stelle finden möge.

Auf Seite 124 (Bd. II) des großen Werkes «The Rotifera» heißt es:

Anuraea cochlearis *Gosse*.

Species Character: Lorica spoon-shaped, ending behind in a straight slender spine; the back ridged and tesselate, as in A. tecta.

This bears the same relation to A. stipitata *Ehr.*, as A. tecta bears to A. curvicornis; differing from stipitata by the roof-like back and the mesial division of the facets, which latter (as shown in *Ehrenbergs* figures) are decidedly of the hexagon pattern. The outline, too, of stipitata is that of a broad, or even triangular shovel; whereas that of cochlearis is decidedly spoon-shaped, broadly ovate. It is delicately punctate or stippled. The protrusile front is very ample; a great chin of two fleshy lobes is seen sidewise, besides the lateral and frontal lobes. The eye is manifestly on a lens, which sparkles in focusing, like a gem, but pale in hue. An egg of enormous proportions is carried before the caudal spine, reaching nearly to the chin. The spine varies much in length, from a mere tubercle to equal length with the lorica body . . . .

Length (including spines) $\frac{1}{150} - \frac{1}{130}$ inch. —

Dem in den vorstehenden Zeilen geschilderten Rädertiere sowie der von *Gosse* gegebenen Abbildung entsprechen im allgemeinen Fig. 3 (und Fig. 23) meiner Tafel. An der Hand dieser Figuren sowie mit Hülfe der gleich folgenden Skizzen dürfte sich eine Orientierung über den Bau des Panzers der als typisch zu betrachtenden Formen unschwer erzielen lassen.

Der Körper von Anuraea cochlearis wird von einer panzerartig erhärteten Cuticula umschlossen, welche in zwei sehr verschieden gestaltete Stücke zerfällt. Die eine Hälfte überwölbt den Rücken und die Seiten des Rädertieres, die andere deckt als Platte dessen Bauchseite.

Der dorsale Panzer, für die Systematik und Variabilität weitaus der wichtigere, besitzt eine sehr charakteristische Gestalt: er zeigt die Umrisse eines ziemlich stark gewölbten Wappenschildes, welches an dem breit abgestutzten einen Ende, dem Vorderende des

Tieres, mit sechs Dornen bewaffnet ist, während sich das entgegengesetzte Ende allmählich in einen einzigen ansehnlichen Dorn verschmälert. Die Wölbung des Panzers ist durchaus keine ganz gleich-

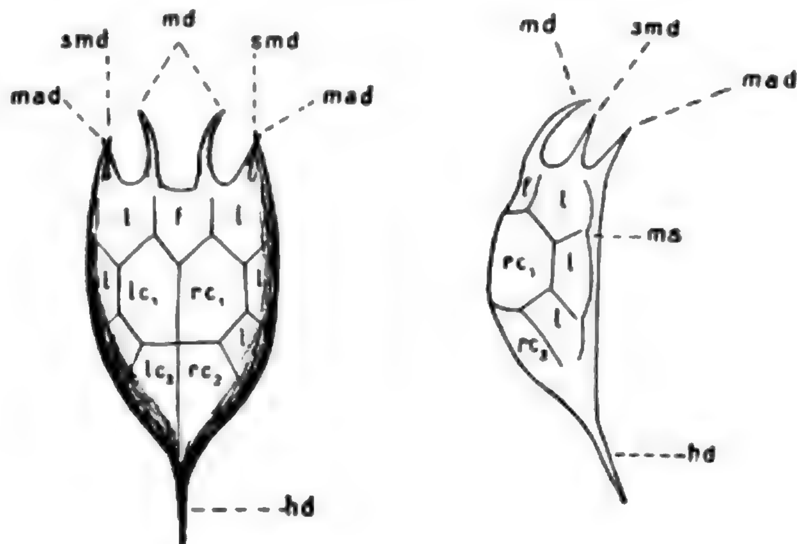


Fig. 1, a u. b: Dorsaler Panzer von Anuraea cochlearis *Gosse.*

Buchstaben-Erklärung.

f = Frontalplatte.	l = Lateralplatte.
rc_1 = rechte vordere Carinalplatte.	ms = Marginalsaum.
rc_2 = » hintere »	md = Mediandornen.
lc_1 = linke vordere Carinalplatte.	smd = Submediandornen.
lc_2 = » hintere »	mad = Marginaldornen.

hd = Hinterdorn.

mäßig bogenförmige, sondern gleicht in ihrem Querschnitt vielmehr einem ziemlich flachen gotischen Spitzbogen. Es kommt dies daher, daß auf der höchsten Wölbung des Panzers entlang dessen Medianlinie ein Kiel verläuft, der durch das Zusammenstoßen der den Panzer aufbauenden Platten oder Felder gebildet wird. Diese Panzerplatten sind in ihrer Anordnung und Struktur mannigfachen Variationen unterworfen; es ist daher nötig, diese beiden Punkte etwas genauer zu betrachten, wobei neben den Figuren der Tafel vor allem auch die obenstehenden Abbildungen herangezogen werden mögen.

In der Mitte des Vorderrandes, an der Basis der mittleren Dornen, liegt eine unpaare fünfseitige Platte, welche nach vorn von dem Sinus zwischen den Dornen begrenzt wird; der gegenüberliegende Winkel wird von der Medianlinie des Panzers halbiert und ist Ausgangspunkt für den nach hinten ziehenden Kiel. Diese Platte wollen wir die Frontalplatte (f) nennen; sie unterscheidet sich von den

übrigen — abgesehen davon, daß sie allein unpaar ist — besonders durch den Umstand, daß sie nicht konvex, sondern mehr oder weniger konkav gewölbt ist, was am deutlichsten bei Profilansicht (Fig. 1 b) hervortritt. Unmittelbar an sie schließen sich nach hinten zwei symmetrisch gelegene Plattenpaare an, die entlang der Medianlinie mit ihren längsten Seiten zusammenstoßen und so den Kiel bilden; sie mögen darum auch die Carinalplatten (c) heißen. Das vordere Paar ist unregelmäßig sechsseitig; das zweite Paar dagegen, wie aus den Figuren ersichtlich, ist nach hinten nicht oder nur unvollständig geschlossen, d. h. es fehlen hier die leistenartig erhobenen Ränder, welche die einzelnen Platten von einander trennen. Bei zahlreichen Individuen, die sonst in allem noch als typisch betrachtet werden dürfen, zerfällt aber auch das hintere Paar der Platten durch eine Querleiste in zwei Plattenpaare, sodaß dann im ganzen drei Paare von Carinalplatten vorhanden sind. Diesen Fall zeigt beispielsweise die Abbildung *Gosse*; auch in meiner Fig. 4 Taf. I tritt er deutlich hervor. An die Frontalplatte sowie an die Carinalplatten schließt sich beiderseits eine Längsreihe von Platten, die Lateralplatten (l), die aber bei den Variationen weniger augenfällig beteiligt sind. Sie bilden indessen nicht den seitlichen Rand des Panzers; diesen umzieht in seiner ganzen Ausdehnung ein schmaler, vorn etwas verbreiteter Marginalsaum (ms), der bei der typischen Form nicht in Felder abgeteilt ist und auch nach der Ventralseite übergreift, wo der Panzer weit ausgeschnitten ist (Fig. 2 [folgende Seite]).

Alle die ebengenannten Platten sind auf ihrer Oberfläche mit einem engmaschigen Netzwerk zarter Areolen bedeckt (vergl. Fig. 1 und flgde. d. Tafel!).

An seinem Vorderrande trägt der Panzer von Anuraea cochlearis sechs scharf zugespitzte Dornen. Das mittlere Paar, die Mediandornen, ist das ansehnlichste und ist stets mehr oder weniger stark hackenförmig nach unten und auswärts gekrümmt. Dann folgen nach außen zu zwei gerade Dornen, die Submediandornen, die stets kürzer sind, und schließlich die beiden Eck- oder Marginaldornen, welche in stumpfem Winkel zur ventralen Längslinie des Panzers schief nach vorn und unten ziehen, wie am deutlichsten die Profilansichten des Rädertieres zeigen (Fig 1 b). Das Hinterende des Panzers ist in einen einzigen ventralwärts geneigten ansehnlichen Dorn ausgezogen, gegen welchen das Rückenprofil des Panzers mehr oder weniger sanft abfällt. Seine basale Partie ist zart areoliert, die distale dagegen stets völlig glatt und scharf zu-

gespitzt. Niemals sah ich bei den tausenden von mir untersuchten Individuen den Enddorn hinten etwas verbreitert, wie es *Gosses* Figur darstellt.

Die ventrale Seite des Körpers von Anuraea cochlearis ist von einer einzigen ansehnlichen Platte bedeckt, Fig. 2. Sie reicht nach vorn bis an die Basis der Vorderdornen und ist hier in der Mitte halbkreisförmig ausgeschnitten; die Seitenpartieen des Sinus sind etwas blasig vorgewölbt, so daß dieselben eine von der Einbuchtung nach hinten ziehende seichte Rinne begrenzen. Gleich dem dorsalen Panzer ist auch die viel dünnere Ventralplatte in ihrer ganzen Ausdehnung mit zarten Areolen versehen; ihr Vorderrand ist oft ganz leicht krenuliert, daneben finden sich weiter hinten in der Regel einige zerstreut stehende Höckerchen. Der Hinterrand der Platte ist bogenförmig gerundet und läßt zwischen sich und dem hinteren Ventralrand des Rückenpanzers eine halbmondförmige Spalte frei, die zum Durchtritt der Exkremente etc., sowie der Eier dient. Letztere werden von den Weibchen, an der Bauchseite des Körpers festgeklebt, längere Zeit mit herumgeschleppt, wobei die Eier die elastische Bauchplatte hinten oft stark nach innen drängen, während sich dieselbe in der Kopfregion, beim Spiel des entfalteten Räderorganes nach außen verwölbt.

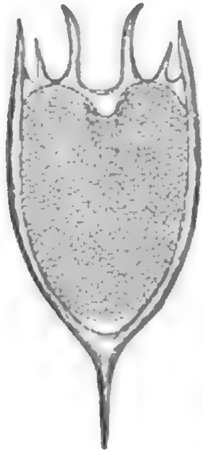


Fig. 2. Ventrale Ansicht des Panzers von Anuraea cochlearis *Gosse*.

Die Variationen von Anuraea cochlearis.

Nach dieser Charakterisierung der als typisch zu betrachtenden Form erwächst nun die Aufgabe, die zahlreichen Varietäten vorzuführen und zugleich den Versuch zu machen, einige Ordnung in dieses Formengewirre zu bringen. Ich glaube, daß es mir gelungen ist, die Mehrzahl der Formen in einige bestimmt gerichtete Variationsreihen zu gruppieren, die in der Folge nach ihren Endgliedern als die tecta-hispida-irregularis Reihen bezeichnet werden. Die Anfangsglieder dieser Reihen zeigen untereinander und vom Typus nur ganz unwesentlich scheinende Abänderungen; aber eine einseitige immer schärfere Ausprägung und Potenzierung ihrer der Variation unterworfenen Charaktere führt schließlich zu Endgliedern, die unter sich sowie vom Typus derart abweichen, daß man sie bei einer etwas

engen Fassung des Speciesbegriffes und ohne Kenntnis der Zwischenglieder als besondere Arten betrachten könnte, wie dies für das Endglied der tecta-Reihe auch wirklich geschehen ist. Was den oben genannten Haupt-Variationsreihen ein besonderes Interesse verleiht, ist der Umstand, daß dieselben keineswegs nur morphologisch konstruiert sind, derart etwa, daß eine Anzahl nach einer bestimmten Richtung hin variierender Individuen von Anuraea cochlearis herausgegriffen und nach dem Grade ihrer fortschreitenden Entfremdung von der typischen «Stammform» nebeneinander gereiht wurden. Nein, die Reihen sind bis zu einem gewissen Grade sehr wohl auch als genetische zu betrachten, denn, wie später gezeigt werden soll, folgen in einer Anzahl der untersuchten Gewässer die auf meiner Tafel nebeneinandergestellten Glieder auch zeitlich aufeinander, indem sich mit Beginn der wärmeren Jahreszeit aus einer «Stammart» (die der typischen Anuraea cochlearis nahesteht) unter Vermittelung zahlreicher aufeinanderfolgender «Zwischenformen» allmählich die verschiedenen Endglieder, die man auch als «subspecies» auffassen könnte, wie tecta, hispida, irregularis herausdifferenzieren, die ihrerseits mit dem Nahen des Winters wieder rückläufig immer mehr den «Zwischenformen» Platz machen und schließlich aus dem Plankton verschwinden. Ausführlichere Angaben über dieses, wie ich glaube auch von einem allgemeinen Standpunkt aus, interessante Verhalten finden sich später bei der Schilderung des jährlichen Variationsganges von Anuraea cochlearis in Altrhein bei Neuhofen.

Naturgemäß beginnen wir unsere Schilderung der Variationsreihen von Anuraea cochlearis mit derjenigen, welche die typische Form in ihrer Mitte schließt und deren Endglieder auf der einen «positiven» Seite durch eine Potenzierung gewisser variierender Charaktere des Typus, auf der anderen «negativen» Seite durch eine Reduktion derselben ausgezeichnet sind.

Dies ist

I. Die macracantha-typica-tecta-Reihe.

(Taf. I, Fig. 1—10.)

In der Mehrzahl der Wasserbecken, welche die typische Anuraea cochlearis beherbergen, findet man meist nicht selten auch Individuen unseres Rädertieres, bei denen die Größe des Panzers und seiner Dornen beträchtlicher erscheint, als es in *Gosse*'s Abbildungen zu Tag tritt. Das von mir beobachtete Extrem dieses «Riesenwuchses» repräsentiert die von mir so genannte Anuraea cochlearis macracantha (Taf. I, Fig. 1—2). Diese «Riesenform» wahrt in ihrem äußeren Aussehen in allen wesentlichen Punkten den Charakter des Typus

und stellt eigentlich nur eine nach den verschiedenen Dimensionen hin vergrößerte Ausgabe desselben dar: messen doch die größten Exemplare, die mir zu Gesicht kamen, von der Spitze der nur relativ wenig gekrümmten Mediandornen bis zur Spitze des Hinterdorns nicht weniger als 280 μμ, wovon 48 μ auf die Vorderdornen, 135 μμ auf den eigentlichen Panzer und 97 μμ auf den Hinterdorn entfallen.

Was diese Form aber besonders auffallend macht, ist die überaus mächtige Entwicklung des Hinterdorns. Während derselbe bei der typischen Form etwa $^1/_4$—$^1/_3$ der eigentlichen Panzerlänge beträgt, erreicht er bei Anuraea cochlearis macracantha oft fast die Länge des Panzers und geht mit breiter Basis so unmerklich in den letzteren über, daß es gar nicht leicht ist zu unterscheiden, wo der Panzer aufhört und sein Fortsatz anfängt. In gleicher Weise spricht sich der enge Zusammenhang beider Körperteile auch darin aus, daß sich die Areolierung des Panzers bis etwa zur Mitte des Hinterdorns fortsetzt, nur das distale Ende ist glatt und scharf zugespitzt. Von der Seite gesehen zeigt der Hinterdorn verschiedenes Verhalten: bald zieht er in der Verlängerung des ventralen Panzerrandes gerade nach hinten, bald biegt er gegen das Ende zu schief nach oben oder unten, nach rechts oder links — alles an und für sich unbedeutend scheinende Abweichungen, die indessen der Profilansicht des Tieres ein sehr wechselndes Ansehen zu geben vermögen.

Die weiter unten folgende Tabelle I sowie die Fig. 1—10 der Tafel zeigen wohl zur Genüge, daß von der eben geschilderten großdornigen Form alle nur denkbaren Übergänge zum Typus hinleiten. Auf der anderen Seite geht aber aus der Tafel und der Tabelle hervor, daß weiterhin an den Typus sich Formen anschließen, die durch eine fortschreitende Reduktion der Größe des Panzers und seiner Fortsätze charakterisiert sind. Diese Reduktion betrifft in erster Linie und am auffälligsten den Hinterdorn, der in dieser Formenreihe mehr und mehr zu einem bedeutungslos scheinenden Anhängsel des Panzers zusammenschrumpft und schließlich beim Endglied der Reihe — Anuraea cochlearis tecta — völlig verschwindet. Zwischenformen zwischen tecta und sehr kurzdorniger cochlearis — wie sie Taf. I, Fig. 7—8 dargestellt sind — traf ich — so überaus häufig im Sommer tecta in gewissen Gewässern auftritt — in meinem Untersuchungsgebiete nur relativ selten, besonders im Vergleich zur Häufigkeit der Übergangsformen zum anderen Extrem, der Anuraea cochlearis macracantha. Die genannten Formen zeigen entweder hinten nur einen sehr kurzen, oft stumpfen Dorn oder an dessen Stelle

einen knopfförmigen unregelmäßigen Höcker; schließlich verschwindet auch dieser und an den Hinterdorn erinnert nichts mehr als eine mehr oder weniger deutliche Zuspitzung des Panzers an dieser Stelle. (Fig. 9, Taf. I.)

Bei der von *Hudson* und *Gosse* als Art betrachteten Anuraea cochlearis tecta ist der Hinterrand des Panzers bogenförmig gerundet. Der Panzer selbst ist klein (95—100 μμ lang, 50 μ breit) — also gerade so lang als bei macracantha der Hinterdorn allein! — seine Platten zeigen eine zarte und enge Areolierung. Parallel mit der Reduktion des Hinterdorns geht auch eine solche der sechs Vorderdornen, doch fällt dieselbe weit weniger in die Augen. In dem extremsten von mir beobachteten Falle, wie er Taf. I, Fig. 10 dargestellt ist, waren die Dornen alle sehr kurz, die mittleren kaum gekrümmt und alle an ihrem freien Ende abgerundet. Erwähnt mag noch werden, daß die von mir untersuchten tecta-Individuen oft das hintre Paar der Carinalplatten in zwei Plattenpaare zerfällt zeigten, während bei dem anderen Extrem der Reihe, bei Anuraea cochlearis macracantha, das entsprechende Paar einheitlich erschien.

Von der Ventralplatte ist bei tecta kaum etwas Besonderes hervorzuheben: der Sinus am Vorderrand ist bald mehr bald weniger tief; Höckerchen finden sich zerstreut bis ziemlich dicht auf der vorderen Hälfte der Platte, wie beim Typus und den übrigen Gliedern der Reihe, oder fehlen völlig.

Wie sich aus vorstehenden Ausführungen sowie aus Fig. 1—10 auf Taf. I ergiebt, sind also die auf den ersten Blick so verschieden erscheinenden Formen macracantha und tecta nur die Endglieder einer ganz kontinuierlichen Formenreihe, deren Mitte die als typisch zu betrachtende Form einnimmt. Ich bin aber auch in der Lage, diesen ganz allmählichen Übergang zwischen beiden Extremen zahlenmäßig zu belegen. Zu diesem Zwecke habe ich aus meinem reichen Materiale ca. 100 Exemplare von Anuraea cochlearis — und zwar ausschließlich solche der tecta-Reihe! — ausgewählt und dieselben in einer gleich folgenden Tabelle nach der Länge ihres Hinterdorns geordnet, derart, daß die Individuen mit sehr langem, 100 μ messendem Hinterdorn (= macracantha) den Beginn, die Individuen, deren Hinterdorn = 0 ist (tecta), den Beschluß bilden. Wie man sieht, sind alle Zahlen zwischen 100—2 μ vertreten; es scheint mir dadurch der strikte Beweis geliefert, daß der Übergang ein völlig unmerklicher ist, woraus die Unmöglichkeit resultiert, irgend eine scharfe morphologische Trennung einzelner Glieder der Reihe durchzuführen.

Tabelle I.

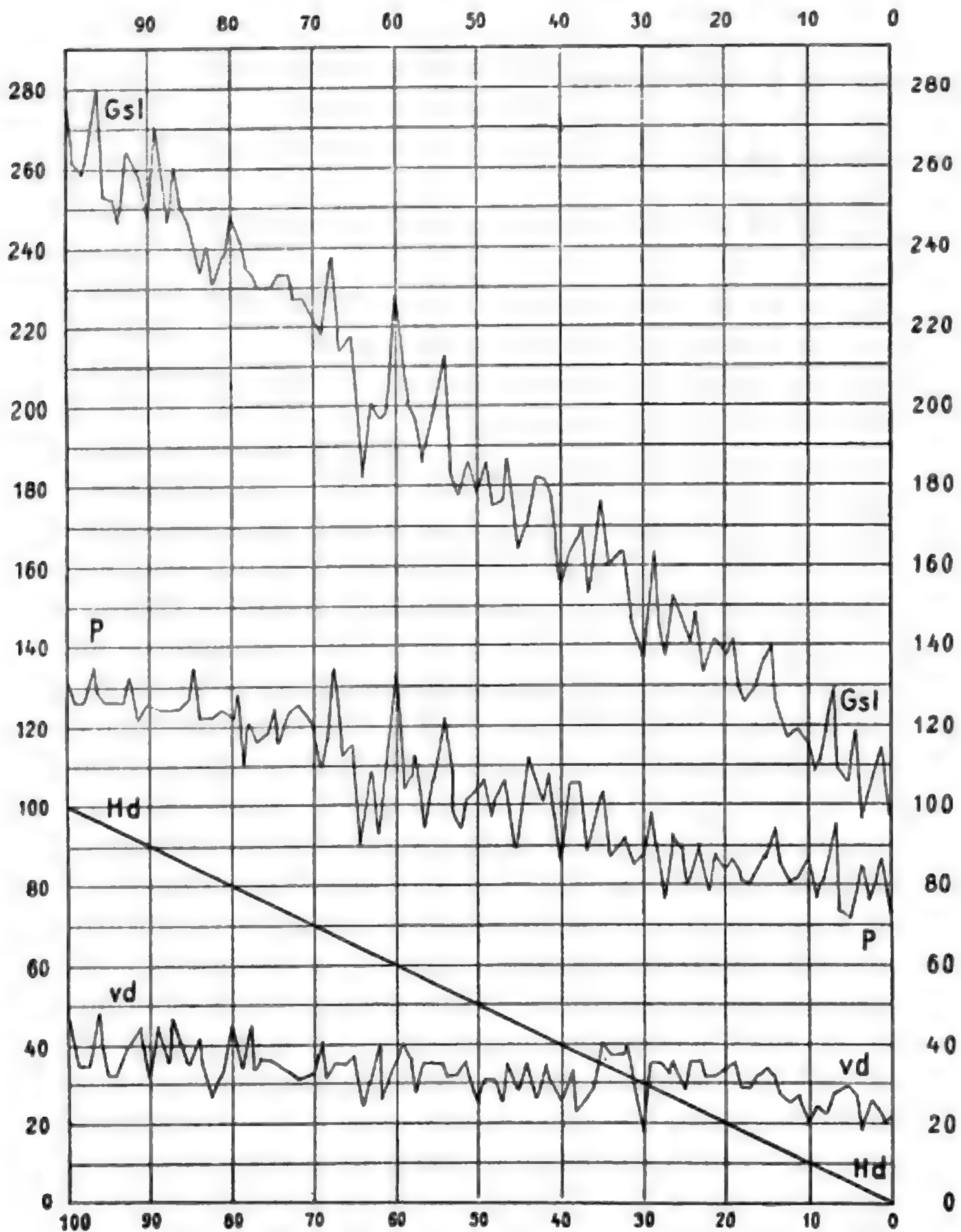
Allmählicher Übergang von Anuraea cochlearis macracantha in An. cochlearis typ. und weiterhin in An. cochlearis tecta.

Die Exemplare sind nach der Länge ihres Hinterdornes geordnet.

Länge der mittleren Vorderdornen in μμ.	Länge des eigentlichen Panzers in μμ.	Länge des Hinterdornes in μμ.	Gesamt-länge	Datum und Fundort.	
46	131	100	271	18. I. 95.	Neuhofen.
36	126	99	261	18. II. 95.	„
36	125	98	259	10. II. 1900.	„
48	135	97	280	10. II. 1900.	„
40	130	96	266	4. II. 96.	„
32	126	95	253	18. I. 95.	„
32	126	94	252	24. XII. 94.	„
27	126	93	246	18. II. 96.	„
40	133	92	265	19. XI. 97.	„
45	122	91	258	7. V. 96.	Altrip.
32	126	90	248	7. IV. 98.	Neuhofen.
45	137	89	271	4. II. 96.	„
34	124	88	246	12. III. 98.	„
46	135	87	268	10. II. 1900.	„
40	124	86	250	25. II. 98.	„
36	126	85	247	12. III. 98.	„
41	126	84	251	4. II. 96.	„
36	122	83	241	18. I. 95.	„
27	122	82	231	18. I. 95.	„
32	124	81	237	25. II. 98.	„
45	123	80	248	10. II. 1900.	„
34	129	79	242	25. II. 98.	„
45	112	78	235	10. II. 1900.	„
34	121	77	232	10. XI. 97.	„
37	117	76	230	21. XI. 94.	Altrip.
36	119	75	230	1. XII. 94.	Neuhofen.
35	125	74	234	12. III. 98.	„
32	117	73	224	14. X. 96.	Altrip.
41	124	72	227	24. III. 98.	Neuhofen.
31	126	71	228	7. IV. 98.	„
33	121	70	223	25. II. 98.	„
41	110	69	220	20. XII. 97.	Roxheim.
31	117	68	216	19. XI. 97.	Neuhofen.
36	135	67	238	21. III. 98.	Bobenheim.
36	112	66	214	30. III. 94.	Neuhofen.
38	115	65	218	18. I. 95.	„
27	90	64	181	30. III. 94.	„
30	108	63	201	7. IV. 98.	„
40	95	62	197	7. IV. 98.	„
27	110	61	198	24. III. 98.	„
36	133	60	229	21. III. 98.	Bobenheim.
40	112	59	211	21. III. 98.	„
37	106	58	201	25. II. 98.	Neuhofen.
28	113	57	198	23. IX. 97.	„
36	94	56	186	7. IV. 98.	„
36	108	55	199	20. XI.	Altrip.
36	122	54	212	10. XI. 97.	Neuhofen.
32	99	53	184	14. V. 97.	Bobenheim.
32	94	52	178	14. V. 97.	„

Länge der mittleren Vorderdornen in μμ.	Länge des eigentlichen Panzers in μμ.	Länge des Hinterdornes in μμ.	Gesamtlänge.	Datum und Fundort.
36	101	51	188	14. V. 97. Bobenheim.
25	104	50	179	30. III. 94. Neuhofen.
31	108	49	188	17. XII. 97. "
31	97	48	176	5. VI. 97. Bobenheim.
27	103	47	177	16. IX. 92. Rheinbucht bei Mannheim.
36	106	46	188	21. III. 98. Bobenheim.
29	90	45	164	10. XI. 97. Neuhofen.
36	90	44	170	14. V. 97. Bobenheim.
27	112	43	182	14. I. 95. Roxheim.
36	103	42	181	22. III. 99. Altrip.
30	108	41	179	24. XII. 97. Bobenheim.
27	88	40	155	5. V. 97. Neuhofen.
34	90	39	163	9. IV. 98. Roxheim.
23	106	38	167	19. I. 95. "
27	106	37	170	11. XI. 93. "
28	90	36	154	9. VI. 97. Neuhofen.
40	102	35	177	29. IV. 99. Altrip.
38	88	34	160	19. IX. 95. "
38	90	33	161	21. VII. 98. Roxheim.
40	92	32	164	IV. 95. Rheinbucht bei Mannheim.
29	86	31	146	23. X. 94. Neuhofen.
29	88	30	147	8. XI. 95. Roxheim.
36	99	29	164	VI. 95. Rheinbucht bei Mannheim.
36	90	28	154	19. IX. 95. Altrip.
34	76	27	137	9. VI. 97. Neuhofen.
36	92	26	154	VI. 95. Rheinbucht bei Mannheim.
29	90	25	144	26. VII. 97. Neuhofen.
36	81	24	141	14. VIII. 97. Altrip.
35	90	23	148	19. IX. 95. "
32	79	22	133	14. VIII. 97. "
32	88	21	141	18. IX. 97. Roxheim.
34	85	20	139	14. VIII. 97. Altrip.
36	86	19	141	20. VII. 96. "
29	83	18	130	26. VII. 97. Neuhofen.
29	81	17	127	11. V. 96. Roxheim.
32	81	16	129	7. VIII. 97 "
32	90	15	137	21. VII. 98. "
32	94	14	140	5. VI. 97. "
28	85	13	126	26. VII. 97. Neuhofen.
25	81	12	118	23. VII. 97. Roxheim.
27	81	11	119	29. IX. 96. "
20	86	10	116	1. X. 95. "
23	77	9	109	8. VI. 96. Neuhofen.
22	82	8	112	5. VIII. 98. "
28	95	7	130	21. VII. 98. Roxheim.
29	74	6	109	7. VIII. 97. "
29	72	5	106	25. VI. 96. Neuhofen.
28	87	4	119	21. VII. 98. Roxheim.
18	75	3	96	28. IX. 95. Neuhofen.
25	88	2	115	21. VII. 98. Roxheim.
22	76	0	98	18. VII. 96. Neuhofen.
22	74	0	96	28. IX. 95. "

Dasselbe Beobachtungsmaterial, das in Vorstehendem als eine lange Zahlenreihe dargeboten wurde, führe ich in Folgendem nun auch noch in der weit übersichtlicheren Form einer Kurventafel vor.



Kurventafel I. Graphische Darstellung der Maße von 100 Exemplaren der Anuraea cochlearis, den lückenlosen Übergang der var. macracantha in die var. tecta zeigend. (Vergl. Text!)

Gsl = Gesamtlänge. Hd = Länge des Hinterdorns.
P = Panzerlänge. vd = Länge der Mediandornen.

Auf der Abscissenachse dieser Tafel sind die ca. 100 Individuen von links nach rechts nach der Länge ihres Hinterdorns nebeneinander aufgereiht; auf den darauf senkrecht stehenden Ordinaten — nur von 10 zu 10 Individuen wirklich ausgezogen — sind (von oben nach unten) die entsprechenden Dimensionen der Gesamtlänge (Gsl), des eigentlichen Panzers (P), des Hinterdorns (Hd), sowie der medianen Vorderdornen (Vd) in $\mu\mu$ ausgedrückt aufgetragen und zu Kurven verbunden. Man sieht nun auf den ersten Blick, daß diese Art der graphischen Darstellung auch sehr geeignet ist, die Korrelationen beim Variieren des Panzers von Anuraea cochlearis zur Anschauung zu bringen. Zunächst fällt auf, daß trotz der zahlreichen kleinen Schwankungen die Kurven der Gesamtlänge (= mittlere Vorderdornen + Panzer + Hinterdorn) annähernd parallel mit dem in der hier gewählten Anordnung des Materiales natürlich als gerade Linie verlaufenden Hinterdorn dahinzieht. Letzterer bestimmt also in erster Linie die Gesamtlänge. Aber auch die Kurve der Panzergröße zeigt einen der vorgenannten annähernd parallelen Verlauf: es halten also auch Reduktion des Hinterdorns und Verringerung der Dimensionen des Panzers[1]) gleichen Schritt. Relativ am wenigsten scheinen bei der Reduktion des Panzers und seiner Fortsätze die medianen Vorderdornen affiziert zu werden, wennschon sich auch hier ein — allerdings recht sprunghaftes — Kleinerwerden im Verlauf der Reihe nicht verkennen läßt.[2])

Gewissermaßen ein Seitenzweig der «tecta-Reihe» bildet eine interessante Varietät von Anuraea cochlearis, die ich bis jetzt nur in einer stillen Bucht des Rheines bei dem Dorfe Altrip (zwischen Speyer und Ludwigshafen) fand. An dieser Lokalität sind nämlich im Sommer den Individuen der typischen Form solche beigemengt, bei denen der

[1]) Auch die in der Kurventafel nicht angegebene Breite des Anuraea-cochlearis-Panzers (gemessen an der Basis der Vorderdornen) schließt sich diesem gesetzmäßigen Verhalten an.

[2]) Es darf hierbei auch nicht außer acht gelassen werden, daß eine exakte Messung der Länge der medianen Vorderdornen praktisch mit gewissen Schwierigkeiten verknüpft ist: wegen der starken Krümmung dieser Dornen (vgl. die Profilansichten des Panzers auf Taf. I) müssen die Maße nämlich alle mehr oder weniger ungenau sein, da sie eigentlich nur die Länge einer Sehne angeben, deren dazugehöriger Bogen eben der hackenförmig nach abwärts gekrümmte Dorn ist. Je stärker nun ein solcher Vorderdorn gekrümmt ist, desto mehr werden natürlich auch die gegebenen Maße von der wirklichen abweichen.

meist etwas gekrümmte Hinterdorn eine ganz auffallende Dünne und sehr scharfe Abgliederung vom eigentlichen Panzer zeigt; auch die Vorderdornen sind alle sehr lang und schmächtig, so daß der Name Anuraea cochlearis leptacantha wohl das Charakteristische dieser Varietät zum Ausdruck bringt. (Taf. I, Fig. 24—25.)

In Profilansicht (Taf. I, Fig. 24) zeigt sich bei diesen Exemplaren der Hinterdorn schon von seiner Basis an in steilem Winkel aufwärtsgebogen, was bis jetzt bei keiner der so vielgestaltigen Varietäten von Anuraea cochlearis von mir beobachtet wurde. Auch bei dieser Form läßt sich die Tendenz nicht verkennen, den Hinterdorn bis zum völligen Verschwinden zu reduzieren, während die Vorderdornen davon unberührt bleiben. Unter Vermittlung von Zwischenformen, deren Panzer als Rudiment des Hinterdorns nur noch ein ganz kurzes am distalen Ende abgerundetes Stäbchen ansitzt, resultiert auch hier eine Endform der Reihe, die — abgesehen von den langen dünnen Vorderdornen — auf den ersten Blick einer etwas großen Anuraea cochlearis tecta zu gleichen scheint. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich jedoch noch ein weiterer Unterschied. Anuraea cochlearis leptacantha ist nämlich noch dadurch ausgezeichnet, daß auch der dorsale Panzer außerordentlich dünn und durchsichtig ist und daß bei ihr weiterhin die Zusammensetzung des Rückenpanzers aus bestimmt angeordneten Platten — für die Gattung Anuraea so charakteristisch! — in vielen Fällen beinahe völlig verwischt zu sein scheint. Bei der Mehrzahl der noch mit einem Hinterdorn versehenen Exemplare hält es recht schwer, die Begrenzung der einzelnen Platten nachzuweisen; oft ist dieselbe, wie Fig. 24, Taf. I zeigt, nur noch an einzelnen Partien schwach ausgeprägt, an andern dagegen völlig unsichtbar, indem sich an Stelle der erhabenen Plattenränder nur Reihen von Areolen ausbreiten. In einigen Fällen schien der gewölbte Rückenpanzer in seiner ganzen Ausdehnung gleichmäßig von dem feinen Maschenwerk der Areolen überzogen, ohne jede Andeutung einer Zerfällung in Platten; er erinnerte dadurch ebenso wie durch seine Dünne und Durchsichtigkeit völlig an die einheitliche Bauchplatte typischer Individuen.[1])

[1]) Bei der var. leptacantha läßt sich weiterhin noch wahrnehmen, daß selbst bei ausgebildeten, Eier produzierenden Exemplaren die Dornen des Panzers noch mit Plasma erfüllt sind, was sonst nur bei jugendlichen Individuen beobachtet zu werden pflegt; auch die an der Basis der Dornen liegenden Zellkerne der Hypodermis sind deutlich. — Ich halte es übrigens nach gelegentlichen Beobachtungen sehr wohl für möglich, daß bei leptacantha der abgegliederte

Ebenfalls in die Nähe der tecta-Reihe gehörig, aber in ihrem genetischen Zusammenhang mit dieser noch nicht recht klar, gehört die in Fig. 26 der Tafel abgebildete Form von Anuraea cochlearis. Dieselbe erinnert in ihrem ganzen Aussehen sehr an Anuraea cochlearis tecta, unterscheidet sich aber von dieser sofort durch ihre bedeutendere Länge (135—155 μ gegen 95—115 μ normaler tecta-Individuen). Unter den Platten des Panzers ist die unpaare Frontalplatte ziemlich klein, desto größer aber die Carinalplatten; die Vorderdornen sind nur schwach entwickelt. Ich habe diese Form, welche bisher nur in einem stillen Seitenarm des Rheins oberhalb des Dorfes Altrip (zwischen Ludwigshafen und Speyer) beobachtet wurde, vorläufig als Anuraea cochlearis tecta forma maior unterschieden.

Wie wir gesehen haben, schließt die tecta-Reihe die als typisch zu betrachtende Form von Anuraea cochlearis in ihrer Mitte ein und ihre einzelnen Glieder unterscheiden sich — so divergent auch die Endglieder der Reihe, macracantha einerseits und tecta anderseits, erscheinen mögen — im Grunde doch nur durch Verschiedenheiten der Dimensionen des Panzers und seiner Fortsätze von dem Typus. In der nun folgenden hispida- und irregularis-Reihe spielt die Verschiedenheit der Dimensionen eine mehr untergeordnete Rolle; was sie charakterisiert, ist vor allem der Umstand, daß zu den morphologischen Charakteren, wie sie schon am Panzer der typischen Form ausgeprägt sind, neue Elemente hinzutreten, welche natürlich an den Endgliedern der Reihen am stärksten potenziert erscheinen und diesen dann ihr eigenartiges Aussehen verleihen. In der hispida-Reihe wird dieser Effekt erreicht durch eine sehr dichte Bestachelung des Panzers, welche schließlich sogar die Grenzen der einzelnen Platten sowie deren Areolierung fast völlig unsichtbar macht; in der irregularis-Reihe läßt sich Schritt für Schritt eine sehr eigentümliche Verschiebung der Panzerplatten beobachten, die stets Hand in Hand geht mit dem Auftreten von relativ ansehnlichen spitzen Höckern auf dem Panzer.

Hinterdorn, welcher mit dem Panzer jedenfalls nur in sehr losem Zusammenhang steht, unter Umständen auch einfach direkt abgeworfen wird, so daß ein und dasselbe Individuum in seiner Jugend die Umrisse von Fig. 24 und später die von Fig. 25 zeigen kann.

II. Die „hispida-Reihe".
(Taf. I, Fig. 11—14.)

Genau parallel der in Fig. 1—10 der Tafel abgebildeten Reihe ließe sich eine zweite darstellen, welche der erstgenannten in den Dimensionen ihrer Glieder völlig gleicht und sich von ihr nur dadurch unterscheidet, daß die Knotenpunkte der Areolen auf den Platten des Panzers mit erhabenen Punkten besetzt sind. Man kann also allen abgebildeten Gliedern der tecta-Reihe eine «forma punctata» zur Seite stellen. Ich habe es für überflüssig gehalten, auf meiner Tafel überall die Abbildung dieser korrespondierenden punktierten Formen zu wiederholen mit Ausnahme von Anuraea cochlearis tecta (Fig. 27) und jener Anuraea cochlearis macracantha nahestehenden Form (Fig. 11), da sich an letzterer, wie später noch eingehender dargelegt wird, ganz ungezwungen alle Übergänge bis zur var. hispida herleiten lassen.

Das in Fig. 11 der Tafel abgebildete Anfangsglied der hispida-Reihe gleicht in seinen Umrissen annähernd einer uns schon bekannten Anuraea cochlearis macracantha mit etwas dünnen Dornen. Die Zugehörigkeit zur hispida-Reihe dokumentiert sich neben der hier noch ziemlich zerstreuten Punktierung der Panzerplatten vor allem dadurch, daß auch der seitliche und untere Rand des dorsalen Panzers mit dicht gedrängten sehr feinen Zähnchen oder Dörnchen dicht besetzt ist. Diese Bewehrung erstreckt sich auch auf die Basis des Hinterdorns sowie diejenige der Vorderdornen.

Einen Schritt weiter in der eingeschlagenen Variationsrichtung führt uns Fig. 12 vor Augen. Hier ist die Punktierung schon sehr viel dichter und die «Punkte» geben sich deutlich als kleine spitze Höckerchen zu erkennen, die mit etwas verbreiterter Basis dem Panzer aufsitzen. Die Begrenzung der Platten tritt schwächer hervor; der Hinterdorn zeigt sich namentlich im Profil als schon recht dünn. Ich bezeichne dieses Übergangsstadium als «forma pustulata».

Bei der ausgebildeten hispida, die Fig. 13 und 14 der Tafel vor Augen führt, sind die Nähte der Panzerplatten fast völlig verschwunden, indem nur da und dort eine Spur des Kieles entlang der Medianlinien sichtbar ist. Auf seiner ganzen Oberfläche ist der Panzer über und über wie mit einem Pelz von den spitzen Höckern überzogen, welche das Netzwerk der Areolen so gut wie völlig den Blicken entziehen und in ihrer Gesamtheit dem Panzer (namentlich bei schwächeren Vergrößerungen) ein eigentümlich dunkles Aussehen verleihen. Die Vorderdornen sind sehr dünn und besonders die mittleren

ziemlich lang, wie vor allem Profilansichten zeigen, die Marginaldornen stets leicht geschweift. Der Hinterdorn ist recht schmächtig und scharf von dem nur ziemlich flach gewölbten Panzer abgesetzt. Im Vergleich zu den Übergangsformen läßt sich bei den Endgliedern der hispida-Reihe die Tendenz zur Reduktion des Hinterdorns nicht verkennen, wennschon ein völliges Verschwinden desselben, wie es in der tecta- und irregularis-Reihe zu konstatieren ist, von mir in meinem Untersuchungsgebiete wenigstens noch nicht beobachtet wurde.

Die Bewehrung mit spitzen Höckern erstreckt sich bei hispida nun keineswegs nur auf den dorsalen Panzer. Auch die ventrale Platte nimmt daran in ausgiebigem Maße teil. Schon bei der typischen Anuraea cochlearis sowie bei den Gliedern der tecta-Reihe sehen wir, daß die dünne Ventralplatte in ihrer vorderen Hälfte oft mit zerstreuten Höckern besetzt ist. Bei hispida ist dieselbe in ihrer ganzen Ausdehnung mit dichtgedrängten Höckern besetzt, die aber im Gegensatz zu denen des dorsalen Panzers nicht spitz, sondern von ungefähr stempelförmiger Gestalt, also am freien Ende ebenso breit wie am basalen, sind.

Was die Größenverhältnisse der hispida-Reihe anbelangt, so schwankt die Gesamtlänge der Endglieder zwischen 140 μ und 200 μμ, wovon 26—36 μ auf die Vorderdornen, 90—115 μμ auf den Panzer und 22—60 μμ auf den Hinterdorn entfallen. Die Breite beträgt 65—75 μμ.

III. Die irregularis-Reihe.
(Taf. I, Fig. 15—20.)

Bei der typischen Anuraea cochlearis sowie bei der ganz überwiegenden Mehrzahl der Glieder der tecta- und hispida-Reihe verläuft der «Kiel», welcher die Carinalplatten voneinander trennt, genau in der Medianlinie des Panzers. Eine genauere Untersuchung besonders der langdornigen Formen zeigt nun bei vielen Exemplaren eine eigenartige Knickung im Verlauf des Kiels, da wo der letztere in rechtem Winkel die Trennungsleisten der vorderen und hinteren Carinalplatten schneidet; wir wollen diese Stelle als den «Kreuzungspunkt» bezeichnen. Die Knickung kommt dadurch zustande, daß anscheinend durch ein teilweises Überschieben der rechten vorderen Carinalplatte nach der anderen Körperhälfte hin der Kiel aus seiner geraden Richtung in der Medianlinie nach links abgedrängt wird (Fig. 15—16 der Tafel oder Schema auf der folgenden Seite), in der Gegend des Kreuzungspunktes jedoch durch eine scharfe Wendung nach rechts seine ursprüngliche Richtung wiedergewinnt, die

er dann bis zur Basis des Hinterdorns beibehält. Durch diese Deviation des Kiels — welche, wie ich an tausenden von Exemplaren feststellen konnte, ausnahmslos nach links verläuft — wird zunächst das Areal der rechten vorderen Carinalplatte auf Kosten ihres Gegenstückes etwas vergrößert und sie selbst aus einem sechsseitigen in ein siebenseitiges Vieleck umgewandelt, dessen neue Seite allerdings im Vergleich zu den übrigen recht klein bleibt.

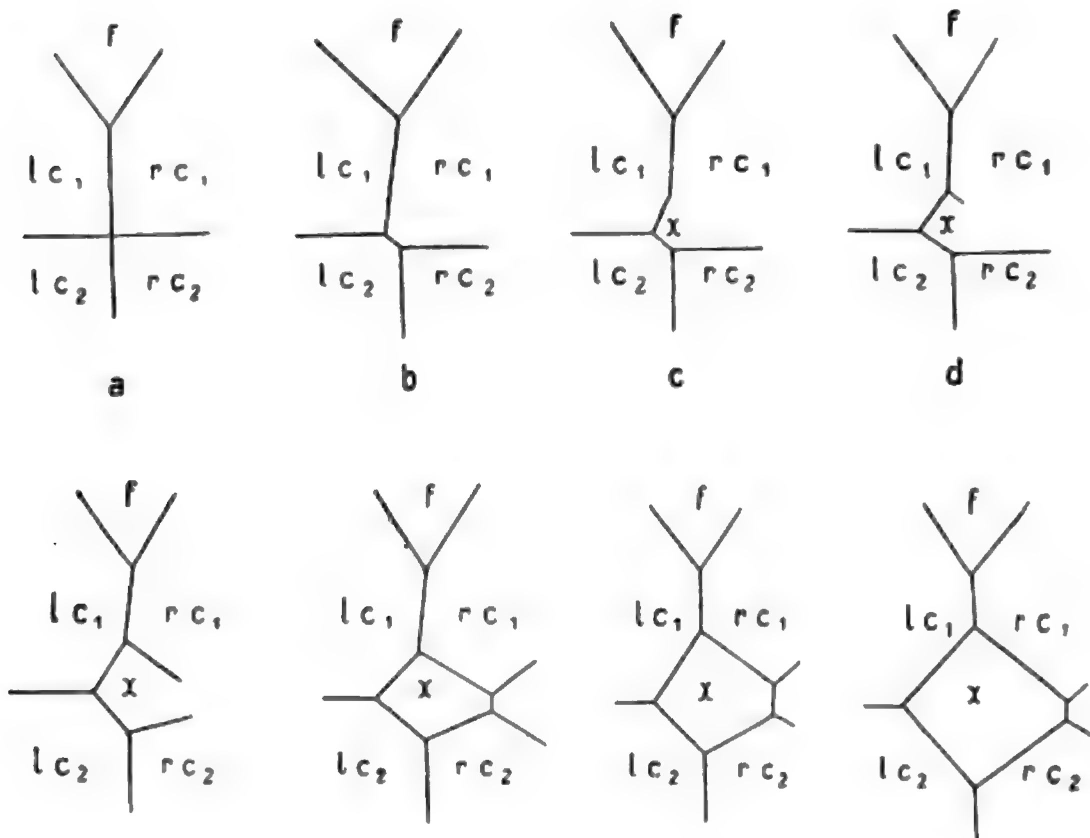


Fig. 3: Schematische Darstellung der allmählichen Plattenverschiebung auf dem dorsalen Panzer von Anuraea cochlearis beim Übergang in die var. irregularis.

f = Frontalplatte.
rc_1 rc_2 = rechte vordere und hintere Carinalplatte.
lc_1 lc_2 = linke » » » »
x = accessorische Platte.

Die eben geschilderte, dem oberflächlichen Blick ganz unbedeutend erscheinende Abweichung des Kiels inauguriert in ihrem weiteren Fortschreiten eine Störung in der Anordnung der Panzerplatten, die schließlich zur Einschiebung einer völlig neu erscheinenden Platte in das normale Gefüge der übrigen führt. Es läßt sich indessen mit aller Sicherheit nachweisen, daß diese accessorische Platte nichts an-

deres ist als ein Derivat oder vielleicht besser gesagt eine Abgliederung der rechten vorderen Carinalplatte. Im einzelnen gestaltet sich dieser eigentümliche Vorgang in einer Weise, die durch einen Blick auf Fig. 16—20 der Tafel sowie auf nebenstehendes Schema sich weit klarer zur Anschauung bringen läßt als durch eine lange Beschreibung.

Durch eine weitere Biegung im Verlauf des Kiels zwischen den vorderen Carinalplatten kommt es zustande, daß die rechte vordere Carinalplatte einen winkeligen Vorsprung nach der linken Körperhälfte hinüberstreckt, der sich immer schärfer markiert (Schema, Fig. c, d). Am Beginn dieses übergeschobenen Dreieckes, also da, wo der Kiel aus der Medianlinie nach links ausbiegt, macht sich auf diesen Stadien die erste schwache Andeutung einer Leiste bemerkbar, welche schief nach hinten ziehend den Vorsprung von seiner zugehörigen Platte abzugliedern sucht. Anfangs noch ganz dünn und nur in der Nähe des Kiels deutlicher sichtbar (Fig. 17—18, Schema Fig. e) tritt die Leiste später um so schärfer hervor, je mehr sich das Areal des Vorsprungs vergrößert und separiert schließlich letzteren völlig von der rechten Carinalplatte.

So geschieht es, daß wir bei den Endgliedern der irregularis-Reihe das uns von der typischen Form her vertraute symmetrische Gefüge der Panzerplatten völlig gestört sehen. Die neue oder die accessorische Platte (x) erlangt oft eine relativ recht bedeutende Größe, so daß die Länge des Kiels zwischen den vorderen Carinalia bedeutend reduziert erscheint. Unverkennbar tritt dann bei ihr das Bestreben hervor, sich so unter die anderen Platten einzuordnen, daß — natürlich nur bis zu einem gewissen Grade und nur im Vergleich mit den Übergangsformen — am Schluß der Reihe doch wieder eine leidlich symmetrische Anordnung der Platten hergestellt ist. Am besten läßt sich dies wohl bei einem Vergleiche der Fig. 20 mit Fig. 17—19 der Tafel erkennen.

Parallel mit der allmählichen Einschiebung oder Abtrennung der Platte x gehen in der irregularis-Reihe andere Veränderungen vor sich. Zunächst einmal eine Vermehrung der Platten. Schon bei der Übergangsform Fig. 16 der Tafel ist die beginnende Zerfällung der hinteren Carinalia angedeutet; auf allen weiteren Stadien ist dieselbe durchgeführt. Ja, bei den Endformen, wie dieselben in Fig. 19 und 20 dargestellt sind, erscheint auch der sonst einheitliche Marginalsaum in eine Reihe kleiner Felder zerklüftet. Dabei zeigen die parallel dem seitlichen Panzerrand verlaufenden Trennungsleisten der Carinalia

und Lateralia einen bogenförmig gekrümmten Verlauf (vgl. beistehende Figur); die den Marginalsaum durchquerenden springen am Rande fast rippenförmig vor und verleihen so der Kontur des Panzers ein ganz charakteristisches Aussehen, das ich auch auf den entsprechenden Figuren meiner Tafel wiederzugeben versucht habe.

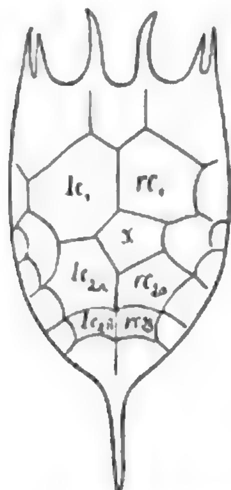


Fig. 4: Anordnung der Platten auf dem dorsalen Panzer von Anuraea cochlearis irregularis.
rc_1 lc_1 = rechte und linke vordere Carinalplatte.
$rc_2\alpha$ $lc_2\alpha$, $rc_2\beta$ $lc_2\beta$ = die in zwei ungleich große Plattenpaare zerfällte hintere Carinalia.
x = scheinbar neue Platte, die sich von rc_1 abgegliedert hat.

Wie die hispida-Reihe ist auch die irregularis-Reihe durch eine Bewehrung des Panzers mit Dornen ausgezeichnet. Bei den Anfangsgliedern — die sich hierin von denen der hispida-Reihe kaum unterscheiden lassen — besteht die Bewehrung in kleinen Dornen auf den Knotenpunkten der Areolen. Im weiteren Verlauf der Reihe bilden sich im Gegensatz zu hispida relativ ansehnliche spitze Höcker aus, die mehr gruppenweise zerstreut dem Panzer aufsitzen und niemals das Maschenwerk der Areolen so völlig den Blicken entziehen, wie dies bei der von Dornen starrenden hispida der Fall ist. Auch die Randleisten der Platten sind in ihrem ganzen Verlauf wie «geperlt» mit kleinen Höckern und treten dadurch besonders scharf hervor.

Während wir sehen, daß das Endglied der hispida-Reihe (wenigstens in meinem Untersuchungsgebiet) den der typischen Form zukommenden Hinterdorn konserviert, endet die irregularis-Reihe mit einer Form, die den Hinterdorn völlig verloren hat (Fig. 20), die ich darum mit dem Namen einer «forma ecaudata» von Anuraea cochlearis irregularis bezeichne. Verbindende Formen zwischen Fig. 19 und 20 habe ich ebenfalls beobachtet, wenn auch nicht in der Vielgestaltigkeit, wie sie zwischen der kurzdornigen Anuraea cochlearis und der Anuraea cochlearis tecta auftreten. Es waren dies Exemplare, bei denen der Hinterdorn nur etwa die Hälfte oder gar nur ein Viertel der in Fig. 19 dargestellten Länge aufwies und hinten, am freien Ende, abgerundet war — letzteres eine Eigenschaft, der wir schon bei den Übergängen zu tecta begegneten. Diese Zwischenformen ebenso wie die forma ecaudata sind vergleichsweise recht selten; am häufigsten fand ich sie noch in einem großen schleifen-

förmigen Altwasser des Rheins bei Lampertheim (in der Nähe von Worms) und zwar am 26. August 1899. Es scheint mir nicht überflüssig zu bemerken, daß bei allen Individuen der forma ecaudata, die mir zu Gesicht kamen, die accessorische Platte x eine sehr beträchtliche Größe sowie ihre extremste Ausbildung erlangt hatte; niemals sah ich ein Exemplar ohne Hinterdorn, dessen Platte x etwa dem auf Fig. 17 oder 18 dargestellten Stadium entsprochen hätte.

Die ventrale Platte von Anuraea cochlearis irregularis trägt ebenfalls spitze Dornen, jedoch nur auf ihrer vorderen Hälfte. Den ausgebuchteten Vorderrand umsäumt eine Dörnchenreihe und konvergiert hinter dem Sinus; rechts und links von letzterem finden sich dichtere Gruppen von spitzen Höckern.

Anuraea cochlearis irregularis ist eine kräftige, breit gebaute und hochgewölbte Form. Falls der Hinterdorn vorhanden ist, setzt sich derselbe scharf vom Körper ab. Die Vorderdornen sind stets gut entwickelt und die mittelsten von ihnen stark bogenförmig nach abwärts gekrümmt.

Die durchschnittliche Gesamtlänge der Fig. 19 entsprechenden Exemplare von Anuraea cochlearis irregularis schwankt innerhalb ziemlich weiter Grenzen, nämlich zwischen 150 und 203 μ. Daran beteiligen sich die mittleren Vorderdornen mit 31—41 μ, der eigentliche Panzer mit 94—122 μ und der Hinterdorn mit 20—54 μ. Die Breite des Panzers, an der Basis der Vorderdornen gemessen, beträgt 60—72 μ.

IV. Die „robusta-Gruppe".
(Taf. I, Fig. 21—23.)

Mit Absicht belege ich die hier vereinigten Formen von Anuraea cochlearis nicht mit dem Namen einer «Reihe». Denn während bei den früher behandelten Abänderungen unseres Rädertieres ein Variieren nach bestimmten Richtungen hin nicht zu verkennen war, wobei durch eine schrittweise ganz allmähliche, immer schärfere Ausprägung bestimmter Kennzeichen schließlich wohl charakterisierte «Endformen» resultieren, die durch eine Reihe beliebig zahlreicher «Zwischenformen» mit dem Typus fest verkettet sind — ist dies bei robusta nicht der Fall. Hier haben wir zwar auch eine Gruppe von Formen, die sich untereinander durch einen Komplex gewisser beim Typus nicht vereinter Eigentümlichkeiten gleichen, aber in der Ausprägung dieser Eigentümlichkeiten keine Steigerung nach einer speziellen Richtung hin erkennen lassen, so daß auch die Aneinanderreihung der hierher gehörigen Formen ganz dem subjektiven Ermessen anheim-

gegeben ist. Weiter fehlt hier noch ein Umstand, der die früher aufgestellten Reihen von Anuraea cochlearis über das Niveau einer willkürlichen Konstruktion erhebt: die zeitliche Aufeinanderfolge der einzelnen Glieder der Reihen, die ihren Abschluß in der Ausbildung der Endformen tecta, hispida, irregularis findet, wie später noch ausführlicher gezeigt werden soll.

Die Varietät robusta zeichnet sich, wie ihr Name ausdrücken soll, vor allem durch die bedeutenden Dimensionen ihres Panzers aus: ihr gehört mit nicht weniger als 282 μ (wovon 106 μ auf den Hinterdorn entfallen) das absolut größte Individuum von Anuraea cochlearis an, das mir im Gebiete des Oberrheins überhaupt zu Gesicht kam. Der dorsale Panzer ist sehr breit, sehr stark gewölbt, im hinteren Drittel des öfteren fast blasig aufgetrieben. In der Regel ist auch der Hinterdorn mächtig entwickelt. Während derselbe sonst entweder annähernd in der Verlängerung des ventralen Panzerrandes verläuft oder in einem meist wenig beträchtlichen Winkel dazu schief nach abwärts zieht, sehen wir ihn bei robusta in zahlreichen Fällen als eine direkte Fortsetzung des sehr steil nach hinten abfallenden Rückenprofiles, oft in einem Winkel von ca. 45° zur Verlängerung des ventralen Panzerrandes verlaufen. Dieser Umstand schafft eigenartige Profilansichten, wie besonders Fig. 21—22 der Tafel zeigt. Von den Vorderdornen fallen die mittleren durch ihre Größe und ihre starke hackenförmige Krümmung auf.

Was die Anordnung der Panzerplatten anbelangt, so sind bei robusta (wie früher bei macracantha) die beiden Paare der Carinalia stark entwickelt; niemals sah ich hier die hinteren in zwei Paare zerklüftet. Dagegen weist die überwiegende Mehrzahl der robusta-Individuen die uns schon von den Anfangsgliedern der irregularis-Reihe bekannte Abweichung des Kiels von der Medianlinien auf, die auch hier nach links verläuft und oft eine recht merkliche Asymmetrie in der Anordnung der Platten zur Folge hat. Auffallend ist bei der Größe des Panzers und seiner Fortsätze die relative Kleinheit der Areolen, welche als feinmaschiges Netzwerk die Platten erfüllen. Eine Bewehrung derselben mit Dornen oder Höckern habe ich bei robusta niemals wahrgenommen.

Das letztere gilt auch von der Ventralplatte, welche doch sonst bei zahlreichen Exemplaren der typischen Form und dann besonders bei den früher geschilderten Varietäten zum mindesten in ihrer vorderen Hälfte mit einem Höckerbesatz bewehrt ist. Der mediane Sinus ist stets deutlich und sein Übergang in den Vorderrand zeigt winkelige Konturen.

Die Größe der robusta-Individuen ist, wie bereits erwähnt, eine sehr beträchtliche. Sie schwankt für die Totallänge zwischen 131 μ und 282 μ, für die Breite zwischen 58 μ und 80 μ. Eine ausgesprochene Tendenz, den Hinterdorn bis zum Verschwinden zu reduzieren, ist nicht zu erkennen; die kleinste beobachtete Länge des letzteren betrug 23 μ.

Eine Eigentümlichkeit von robusta, die noch Erwähnung verdient, ist, daß bei der Mehrzahl der Individuen der Panzer eine gelbliche Farbe hat. Dieser Umstand steht wohl in Verbindung damit, daß robusta ganz vorherrschend pflanzenreiche Teiche bewohnt, in denen auch noch andere Mitglieder des Rotatorien-Planktons wie beispielsweise Synchaeta pectinata und tremula, Polyarthra platyptera, Brachionus angularis ebenfalls sehr oft gelblich gefärbt sind.

Die hier gegebene Schilderung des Formenkreises von Anuraea cochlearis beruht durchweg auf eigenen Beobachtungen an Tieren, die den Gewässern des deutschen Oberrheins entstammten. Wenn sich nun schon hier an diesem räumlich nicht sehr ausgedehnten Gebiete eine solche Menge von Formen nachweisen ließ, so ist bei der großen horizontalen und auch vertikalen Verbreitung von Anuraea cochlearis mit Bestimmtheit vorauszusagen, daß andere Gegenden neben den hier beschriebenen Variationen noch weitere ergeben werden, die den von mir geschilderten Hauptvariationsrichtungen gewiß da und dort neue Seitenzweige angliedern müssen. So finden sich schon in der bisherigen reichen Litteratur über Rädertiere eine Reihe von «Arten» namhaft gemacht, die mit mehr oder weniger Sicherheit in den Formenkreis von Anuraea cochlearis zu gehören scheinen. Eine kritische Besprechung derselben dürfte schon wegen der Abrundung des Bildes geboten sein.

Beginnen wir in chronologischer Reihenfolge, so haben wir zunächst

Anuraea stipitata *Ehrb.* 1838.

Wie schon erwähnt, ist Anuraea cochlearis erst im Jahre 1851 von *Gosse* als Art aufgestellt worden. Es hat mir indessen immer äußerst unwahrscheinlich scheinen wollen, daß ein so gemeines Rädertier, welches jahraus jahrein das freie Wasser unserer Seen, Teiche und Tümpel in einer oft ganz gewaltigen Individuenzahl bewohnt, dem scharfen Blick eines *Ehrenberg* entgangen sein sollte. Wenn auch die überwiegende Mehrzahl der Rotatorien (ebenso wie die der Protozoen etc.),

welche der große Mikrograph in seinem klassischen Prachtwerke uns kennen lehrte, Arten angehören, die vorherrschend den Boden, den Schlamm, sowie das Gewirre der Wasserpflanzen bevölkern, so hat es doch neben diesen auch eine ganze Reihe jener freischwimmenden Formen vorgeführt, die heute als «pelagische» oder «limnetische» vorzugsweise das Interesse in Anspruch zu nehmen pflegen. Ich nenne von diesen — um nur einige der häufigsten herauszugreifen — Synchaeta pectinata und tremula, Triarthra longiseta, Polyarthra platyptera, Anuraea aculeata etc., alles Arten, die meist mit Anuraea cochlearis vergesellschaftet sind.

Unter der stattlichen Zahl von nicht weniger als 14 Angehörigen seiner Gattung Anuraea beschreibt *Ehrenberg* auch eine Art unter dem Namen Anuraea stipitata, das «schaufelartige Stutzrädchen», auf p. 507 mit folgenden Worten:

«Anuraea testula subquadrata aut triangula, postice mucrone simplici pedicellata, frontis dentibus senis, dorso tessellato.»

Wie man sieht, passen diese Worte völlig auf Anuraea cochlearis, aber die auf Tafel LXII, Fig. XI gegebenen Abbildungen (von denen ich nebenstehend eine Skizze gebe) zeigen doch nicht unbeträchtliche Abweichungen. So ist in erster Linie die Anordnung der Platten des dorsalen Panzers eine ganz andere: es fehlt nämlich der gerade für Anuraea cochlearis so charakteristische mediane Kiel und seine Stelle nimmt eine Reihe hexagonaler Platten ein. In diesem Punkte zeigt stipitata völlig ein Verhalten, das wir sonst nur im Formenkreis der Anuraea aculeata antreffen.

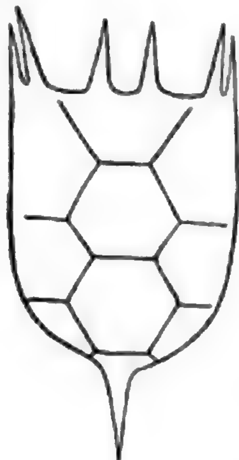


Fig. 5: Anuraea stipitata (Nach Ehrenberg 1838).

Falls *Ehrenberg*'s Zeichnung der Wirklichkeit entspräche, so hätten wir in stipitata ein interessantes Bindeglied zwischen den sonst wohl getrennten Formenkreisen von Anuraea cochlearis und Anuraea aculeata, da sie mit den Angehörigen des ersteren die allgemeine Körperform, mit den letzteren die Anordnung der Platten teilt. Ich halte es aber für mehr als wahrscheinlich, daß *Ehrenberg* in dem vorliegenden Falle die thatsächlichen Verhältnisse nicht genau wiedergab und die Plattenverteilung seiner Anuraea stipitata einfach nach Analogie derjenigen von Anuraea

aculeata einzeichnete. Auffallend ist jedenfalls, daß keiner der späteren Forscher, die eine «Anuraea stipitata *Ehrb.*» erwähnen, die Darstellung *Ehrenberg*'s in diesem doch gewiß nicht unwichtigen Punkte bestätigt. Ich selbst habe, wie noch beigefügt sein mag, unter vielen Tausenden von Rädertieren aus dem Formenkreis der Anuraea cochlearis und ihrer Verwandten niemals ein Exemplar gefunden, das *Ehrenberg*'s Figur entsprochen hätte.

Soweit ich es übersehen kann, ist das, was in der neueren Litteratur unter dem Namen Anuraea stipitata *Ehrb.* mitgeführt wird, kaum etwas anderes als eine Anuraea cochlearis mit kurzem Hinterdorn. Als solche zeigt sie uns beispielsweise *Wierzejski*'s (1893) Figur (dessen Taf. VI, Fig. 77), wenigstens im Umriß, da die Verteilung der Platten gar nicht angegeben ist. Später hat *E. F. Weber* (1898) in seinem umfangreichen Werke stipitata abgebildet (Pl. 25, Fig. 9) und zwar als eine Varietät von cochlearis; das von ihm dargestellte Exemplar zeigt einen sehr kurzen hinten abgerundeten Hinterdorn, etwa der Fig. 7 meiner Tafel entsprechend. Details in der Struktur des Panzers vermißt man auch hier, dagegen wird in der Beschreibung ausdrücklich das Vorhandensein eines allerdings sehr undeutlichen Kiels erwähnt wie bei cochlearis — also ein Verhalten, das *Ehrenberg*'s Abbildung durchaus nicht entspricht.

Vor *Weber* glaubte schon *E. Eckstein* (1895) stipitata im Müggelsee bei Berlin gefunden zu haben, unterschied sie von Anuraea cochlearis wesentlich nur dadurch, daß bei ihr der Hinterdorn in der Mitte nicht so verbreitert ist, als es *Gosse*'s Abbildung zeigt. Ich habe schon früher gelegentlich erwähnt, daß ich an meinem reichen Materiale niemals eine Verbreiterung des Hinterdorns beobachtet habe; aber, selbst wenn sie vorhanden sein würde, wäre sie natürlich für sich allein noch lange kein Merkmal, um darauf schon eine Speciesverschiedenheit zu gründen.[1]) Wiederum anders scheint die Anuraea stipitata gewesen zu sein, die *Kellicott* (1896) vorgelegen hat, von der er schreibt (l. c. p. 164):

«Nearly or quite as abundant as the last [A. cochlearis]; readily separated by its shape as shown by Gosse and by the tesselation of the dorsal shield. In

---

[1]) In der Diagnose *Gosse*'s wird die Verbreiterung des Hinterdorns gar nicht erwähnt, sondern der letztere ausdrücklich als «straight, slender» charakterisiert. Ich halte darum auch die Verbreiterung — die in *Gosse*'s Figur übrigens nur auf der rechten Seite des Hinterdorns schärfer hervortritt — für eine kleine Inkorrektheit des Zeichners oder Lithographen. Die Kopie, die *Eckstein* in seiner Fig. 6 davon giebt, stellt die Verbreiterung sehr übertrieben dar!

A. cochlearis there is a dorsal keel extending from posterior spine to the cervical plate; in the other, the two middle rows of dorsal plates are alternately and irregulary hexagonal and pentagonal, breaking the dorsal ridge.»

Das Vorstehende dürfte genügen, um zu zeigen, daß keine dieser sich selbst vielfach widersprechenden Darstellungen der von *Ehrenberg* gezeichneten Anuraea stipitata entspricht.

Wenn wir nach allem auch annehmen müssen, daß die fragliche Form höchst wahrscheinlich in den Formenkreis der Anuraea cochlearis gehört und ihr eigentlich nach dem Gesetze der Nomenklatur die Priorität von der erst dreizehn Jahre später aufgestellten Anuraea cochlearis gebührt, so steht aber doch auf der anderen Seite die Zeichnung, die *Ehrenberg* von seiner stipitata giebt, einer absolut sicheren Identifizierung entgegen. So lange nun nicht eine Anuraea gefunden wird, die sich auch bezüglich der Anordnung der Panzerplatten mit *Ehrenberg*'s Figur völlig deckt, dürfte es vielleicht am besten sein, von der Anwendung des Namens stipitata überhaupt abzusehen.

Anuraea tecta *Gosse* 1851.

Wir haben schon gesehen, daß diese «Art» nichts weiter ist als eine Varietät der Anuraea cochlearis, mit der sie durch alle nur denkbaren Zwischenformen verknüpft ist.[1])

Gosse charakterisiert in seinem mit *Hudson* herausgegebenen Rädertierwerk tecta mit folgenden Worten (1886, Bd. II, p. 123):

«Nearly as curvicornis, but more pointed; and the tesselations are larger, and arranged on each side of a mesial dorsal ridge, which gives to the back the form of a vaulted roof».

Der Ausdruck «nearly as curvicornis» kann sich nur auf eine gewisse oberflächliche Ähnlichkeit im Körperumriß beziehen. Denn Anuraea curvicornis *Ehrb.* gehört in den Formenkreis von Anuraea aculeata *Ehrb.*, mit der sie völlig die Anordnung der Platten teilt, und ist, wie die zahlreichen Übergänge beweisen, nichts als eine Varietät der letzteren, bei der die Hinterdornen des Typus völlig verschwunden sind. Es steht somit curvicornis zu aculeata in demselben Verhältnis wie tecta zu cochlearis. Bei der von *Gosse* abgebildeten tecta (Taf. XXIX, Fig. 10) sind die hinteren Carinalia allseitig geschlossen und durch eine Querleiste in zwei Paare zerfällt. Neben so beschaffenen Individuen fand ich auch zahlreiche

[1]) Ich habe übrigens schon in früheren Publikationen A. tecta als Varietät von A. cochlearis dahingestellt, worin auch *Apstein* (1896) ausdrücklich beistimmte.

andere, bei denen die hinteren Carinalplatten einheitlich waren, wie beispielsweise meine Fig. 9—10 der Tafel erkennen läßt; doch sind dies mehr nebensächliche Punkte. Dagegen habe ich eine Anordnung der hinteren Carinalia, wie sie *Wierzejski* (1893) Taf. VI, Fig. 78 von Anuraea tecta giebt, niemals gesehen und halte sie auch für sehr unwahrscheinlich.

Anuraea longistyla *Schmarda* 1859.

Auf seiner Weltreise fand *Schmarda* im Süßwasser bei Kingstown auf Jamaica eine Anuraea, die er mit folgenden Worten beschrieb:

«Testula oblonga-ovalis punctata postice in stylum longum protracta. Margo aculeis sex, medii superiores ceteris quatuor maiores.» Länge 0,22 mm, Breite 0,08 mm. —

Von dieser Diagnose ist nur der erste Satz für die Bestimmung der Art zu verwenden, denn der zweite besagt nichts, was nicht auch der ganzen heutigen Gattung Anuraea zukäme.[1]) Die Abbildung zeigt uns eine sicher in den Formenkreis der Anuraea cochlearis gehörende Art, deren Panzer mit sehr großen, fast häufchenartigen Erhebungen bedeckt ist, die sich selbst bis zur Spitze der Vorderdornen erstrecken. Der Hinterdorn, von ungefähr halber Körperlänge, ist dünn und leicht gekrümmt. Jede Spur einer Zusammensetzung des Panzers aus Platten oder eine Areolierung fehlt.

Es ist schwer zu sagen, ob *Schmarda*'s Art Beziehungen zu einer der von mir beschriebenen Formen von Anuraea cochlearis aufweist. Die Punktierung des Panzers, der Mangel einer scharfen Plattenbegrenzung, sowie der Areolierung deuten auf hispida hin, deren dichter Höckerbesatz indessen bedeutende Unterschiede von den Verhältnissen, wie sie *Schmarda*'s Abbildung für longistyla zeigt, erkennen läßt.

Anuraea longispina *Imhof* 1883.

Unter diesem Namen beschrieb *Imhof* (1883) ein von ihm als neu betrachtetes Rädertier, das schon bald darauf von *Crisp* (1883) als

---

[1]) *Ehrenberg* begriff unter seiner Gattung Anuraea auch Angehörige der heutigen Gattung Notholca *Gosse*. Eine scheinbare Ausnahme von dem obengesagten machen Anuraea (?) quadridentata *Ehrenb.* u. Anuraea hypelasma *Gosse*. Erstere beruht sicher auf einen Beobachtungsfehler, wie schon *Weber* (1898) bemerkt hat; bezüglich der völlig dornenlosen letzteren Art stimme ich *Weber* ebenfalls bei, wenn er sie aus der Gattung Anuraea entfernt haben will und sie als Repräsentant einer neuen Gattung betrachtet. Für letztere ließe sich vielleicht der Name Anuraeopsis vorschlagen.

mit Anuraea cochlearis *Gosse* identisch reklamiert wurde, ebenso wie die von dem Schweizer Forscher aufgestellte Anuraea spinosa mit Notholca longispina *Kellicot*.

Die Form, die *Imhof* vorgelegen hat, ist in der That eine langdornige Anuraea cochlearis. Was sie aber von den auf meiner Tafel unter Fig. 1 und 2 dargestellten Formen unterscheidet, ist der Umstand, daß in *Imhof*'s Abbildung sich an die vorderen Carinalia nach hinten eine einzige mediane siebenseitige Platte anschließt, durch welche der für cochlearis sonst so charakteristische Kiel völlig verloren geht. Ob dies Verhalten den Thatsachen entspricht oder ob die Beobachtung nicht ganz genau war, muß ich dahingestellt sein lassen. Die letzte Alternative scheint aber mehr Wahrscheinlichkeit für sich zu haben, da mir niemals etwas Ähnliches zu Gesicht kam.

Anuraea tuberosa *Imhof* 1885.

In einer Arbeit, in der *Imhof* als einer der ersten auf den bedeutsamen Anteil der Rotatorien an der Zusammensetzung des Süßwasserplanktons hinwies (1885), findet sich eine Anuraea mit folgenden Worten charakterisiert (l. c. p. 323):

«Im Eibsee (959 m ü. M.) in Oberbayern am Fuße der Zugspitze gelegen fand ich eine weitere Anuraea, ebenfalls mit einem Enddorn ausgestattet, der aber verhältnismäßig ziemlich kürzer ist als bei meiner longispina. Die Messungen ergaben: Körperlänge 0,128 mm, Enddorn 0,048 mm. Die gewölbte Rückenseite des Körpers zeigt hier keine durch Leisten abgegrenzte Tafelbildung und auch keine retikuläre Skulptur, sondern sie ist von zahlreichen kleinen Höckerchen gleichmäßig übersät. Diese kleinen Erhabenheiten besitzen eine eigentümliche Form, die ich später durch eine Zeichnung mitteilen werde, da sie nicht leicht zu beschreiben sind. Die längsten derselben (0,003 mm) sind an den beiden Kanten anzutreffen, welche die Bauchfläche begrenzen. Als Bezeichnung empfehle ich An. tuberosa.»

Es ist wirklich zu bedauern, daß die in Vorstehendem in Aussicht gestellte Zeichnung der neuen Art niemals erschienen ist, wenigstens soweit meine Kenntnis reicht. Nur durch eine Abbildung ließe sich mit der nötigen Sicherheit erkennen, in welcher Beziehung sich tuberosa zu *Schmarda*'s longistyla und zu meiner hispida zeigt. Mit der letzteren ist die Ähnlichkeit sicher eine sehr weitgehende. Nur kann ich bei ihr nicht finden, daß die Höcker besonders «eigentümliche Form» haben, wie meine Figuren beweisen, und daß dieselben weiterhin an den Kanten am längsten sein sollen. Ich habe gerade auf diesen Punkt hin eine Anzahl hispida-Individuen genauer untersucht, aber niemals wahrnehmen können, daß die Höcker an dieser Stelle merklich länger wären als an anderen Stellen des Rückenpanzers.

Anuraea intermedia *Imhof* 1885.

Diese Form wurde von *Imhof* gleichzeitig mit der vorhergehenden folgendermaßen kurz beschrieben (1885, p. 323):

«Einer dritten Form, ebenfalls mit einem Enddorn versehen, begegnete ich im Staffelsee (648 m ü. M.) in Oberbayern. Hier ist die Rückenseite des Panzers durch halbkugeligen Höcker, die in mehr oder weniger regelmäßigen Reihen angeordnet sind, in eine Anzahl größerer Felder abgegrenzt. Die Felder selbst sind durch eine zarte retikuläre Zeichnung wie bei meiner longispina ausgezeichnet. Für den Fall, daß sie sich als besondere konstante Art erweisen wird, möge sie als «intermedia» eingeführt werden. Auch hier ist die Bauchfläche plan Körperlänge 0,116, Enddorn 0,044 mm.»

Eine «besondere konstante Art» ist nun intermedia sicher nicht, wohl aber gehört sie aller Wahrscheinlichkeit nach in den Formenkreis von Anuraea cochlearis. Weiter läßt sich kaum etwas mit Bestimmtheit behaupten. Für die Anweisung einer bestimmten Position sind aber die obigen Angaben gar zu dürftig und eine Abbildung, die bei der so großen Zahl von Formen der Anuraea cochlearis allein die Entscheidung bringen könnte, fehlt auch hier leider völlig.

Anuraea schista *Gosse* (1887) 1889.

Das 1889 erschienene Supplement zu *Hudson*'s und *Gosse*'s Rotatorien-Werk — welch letzteres wie kaum ein anderes das allgemeine Interesse für Rädertiere neu belebt hat — enthält auf Taf. XXXI die bildliche Darstellung von nicht weniger als 60 neuen Formen, die *Gosse* entdeckt und schon zwei Jahre vorher (1887) bekannt gemacht hatte. Im Gegensatz zu den meist schönen und lebenswahren Habitusbildern, mit denen *Hudson*'s Hand die ersten beiden Bände des Werkes zierte, sind die auf der oben genannten Tafel vereinigten Abbildungen *Gosse*'s leider fast durchweg äußerst dilettantisch und für eine jeden Zweifel ausschließende Bestimmung der Arten nur schwer zu verwenden. Dies gilt auch von der in Fig. 55 abgebildeten, aus der Umgebung Birminghams stammenden Anuraea schista, deren Speciescharakter vom Autor folgendermaßen gegeben wird (1889, p. 55):

Lorica oblong, tapering to a short spine behind; dorsal plate tesselated in polygonal areas on each side of a mesial ridge, and punctured; ventral plate much shorter, produced into a projecting sharp point, divided from the dorsal by a deep cleft . . . . Length 1/162 inch.»

Mit Hülfe der dieser Diagnose folgenden Beschreibung sowie der in einem sehr kleinen Maßstabe ausgeführten Figur läßt sich feststellen, daß Anuraea schista ein Glied des Formenkreises von Anuraea cochlearis (im weiteren Sinne) ist. Dafür spricht in erster

Linie das Vorhandensein eines Kiels entlang der Medianlinie des dorsalen Panzers, sowie die Art der Täfelung, die oft «coarse and ill-defined» sein soll. Sehr eigentümlich ist in der Figur der Hinterdorn dargestellt: er zeigt nämlich ausgesprochen lanzettförmigen Umriß. Auffallenderweise wird jedoch in der Beschreibung hierüber gar nichts erwähnt, so daß ich es durchaus nicht für ausgeschlossen halte, daß die Figur nicht genau ist. Was Anuraea schista am meisten von sämtlichen anderen Formen der Anuraea cochlearis unterscheidet, ist in erster Linie der Umstand, daß bei ihr der sonst abgerundete oder stumpfwinkelige Hinterrand der Ventralplatte in einem oft schief nach abwärts gerichteten scharfen dornartigen Fortsatz ausgezogen ist «whose movements are manifestly voluntary», da er nämlich ruckweise eingezogen und wieder ausgestoßen werden soll.

Mangels eigener Beobachtungen enthalte ich mich eines abschließenden Urteils über das eigentümliche Gebilde. Hat aber *Gosse* richtig geschildert, so darf schista wohl Anspruch erheben, als eine interessante besondere Form betrachtet zu werden. Dennoch wird sich kaum in Abrede stellen lassen, daß sie sonst in allem den Gliedern des Formenkreises von Anuraea cochlearis sehr nahe steht, wenn es auch schwer hält, ihr nach der Angabe *Gosse*'s allein schon einen bestimmten Platz anzuweisen.[1])

Anuraea stipitata *Ehrb.* var. Wartmanni *Asper* u. *Heuscher* 1889.

Eine nähere Beschreibung dieser aus alpinen Seen der Schweiz entstammenden Varietät scheint zu fehlen; wir sind daher bei einem Versuch, die vorliegende Form zu deuten, lediglich auf die beigegebene Abbildung angewiesen (1889, p. 246, Taf. I, Fig. 5), die aber nur ziemlich roh und skizzenhaft ausgeführt ist. Dieselbe zeigt uns in halber Profilansicht den Panzer eines Rädertieres aus der Gattung Anuraea ohne Hinterdorn mit einer recht eigentümlichen Plattenverteilung. Soweit sich dieselbe enträtseln läßt, entspricht sie im allgemeinen noch am meisten meiner Anuraea cochlearis irregularis forma ecaudata, doch fehlt die für letztere so charakteristische Bewehrung mit kräftigen spitzen Höckern völlig. Die Zugehörigkeit zum Formenkreis der Anuraea cochlearis halte ich für ziemlich gesichert im Gegensatz zu *E. F. Weber* (1898), der *Wartmanni* lieber zu Anuraea curvicornis *Ehrb.* (also in den Formenkreis von Anuraea aculeata *Ehrb.!*) ziehen möchte.

[1]) *Gosse* erwähnt selbst die Ähnlichkeit der Täfelung mit der von cochlearis und tecta. Daß die Vorderdornen gerade sind, hält *Gosse* für eine offenbare Annäherung an die Gattung Notholca, was mir keineswegs einleuchten will.

Anuraea cochlearis *Gosse* var. recurvispina *Jägerskiöld* 1894.

Das Brackwasser der Ostsee beherbergt ebenfalls unsere Anuraea cochlearis in einer allerdings etwas modifizierten Form. Sie wurde zuerst von *Jägerskiöld* (1894) nach in der Nähe der schwedischen Küste bei Stockholm gefundenen Exemplaren beschrieben und abgebildet. Kurz darauf (1894) wurde sie von *Levander* «oft in sehr großer Individuenzahl im pelagischen Plankton» in gewissen seichten Buchten bei Finnland nachgewiesen.

Jägerskiöld giebt folgende Beschreibung (l. c. p. 18—19):

«Auch von Anuraea cochlearis habe ich eine marine Varietät beobachtet, aber bei dieser sind es, wie Fig. 2 zeigt, die lateralen Vorderhörner, die nach außen gebogen sind und einen rechten Winkel mit den übrigen bilden. Die Lorica ist auf der Rückenseite fein punktiert, getäfelt und zeigt die für die betreffende Art eigentümliche dachfirstähnliche Form. Die Schale der Bauchseite, welche sich durch ihre Dünnheit und Biegsamkeit auszeichnet, entbehrt der Punktierung sowie natürlich jeder Spur von Täfelung. Die Länge des abgebildeten Exemplares betrug von den äußersten Spitzen der Vorderhörner bis zu derjenigen des Schwanzhorns 256 μ, wovon 110 μ auf das Schwanzhorn kamen.»

Aus der Abbildung, einer einfachen Umrißzeichnung, geht hervor, daß Anuraea cochlearis var. recurvispina zu den langdornigen Formen gehört, bei der der Hinterdorn in der distalen Hälfte etwas nach oben gebogen ist; wir sahen ähnliches schon bei der var. macracantha. Ob der Rückenpanzer wirklich nur, wie oben angegeben, «fein punktiert» ist und ob die dünne biegsame Ventralplatte der «Punktierung» entbehrt, möchte ich bezweifeln. Sehr wahrscheinlich dürfte auch hier die für Anuraea cochlearis charakteristische netzförmige zarte Areolierung der Platten nicht fehlen, die ja allerdings bei schwachen Vergrößerungen eine «Punktierung» vortäuschen kann.

Das eigentümliche Auswärtsbiegen der «lateralen Vorderhörner» (meiner Marginaldornen), das ich so stark ausgeprägt bei keiner Süßwasserform fand, sichert der var. recurvispina eine besondere Stellung im Formenkreis der Anuraea cochlearis. Soweit ich nach der Darstellung *Jägerskiöld*'s beurteilen kann, dürfte recurvispina einstweilen als ein nach einer besonderen Richtung abgeänderter Seitenzweig der tecta-Reihe aufzufassen sein. Übergangsformen, wohl zu macracantha hin, dürften an geeigneten Lokalitäten bei speciellem Suchen sich wohl noch auffinden lassen.

Anuraea cruciformis *(Thompson)* 1892.
(Anuraea Eichwaldi *Levander* 1894.)

Nur mit einem gewissen Vorbehalt schließe ich diese Form den vorausgegangenen an, da sie, wenigstens nach den über sie vorliegenden Darstellungen, in mehreren nicht unwichtigen Punkten von allen anderen Gliedern des Formenkreises der Anuraea cochlearis abweicht.

Ursprünglich von *Thompson* (1892) an den Küsten Norwegens in großer Zahl entdeckt und mit dem Namen cruciformis belegt[1]), wurde diese Form später auch von *Levander* (1894) zu gewissen Zeiten sehr häufig im Finnischen Meerbusen gefunden. Unter dem Namen Anuraea Eichwaldi beschreibt er sie folgendermaßen (l. c. p. 62):

«Der grobnetzig-skulpturierte Panzer ist kurz und flach gedrückt, mit breit abgerundetem Hinterrande und am Vorderrande mit sechs fast gleichlangen Zacken ausgestattet. Die Täfelung beschränkt sich hauptsächlich auf die Randteile des Panzers, welcher mit einer medianen Längsrippe versehen ist. Länge 0,162 mm, Breite 0,108 mm.»

Mit vorstehender Beschreibung stimmen die Angaben *Rousselet*'s (l. c. p. 7—8) ziemlich überein, dagegen lassen die beiderseitigen Abbildungen einige nicht ganz unwichtige Differenzpunkte erkennen. Gemeinsam ist beiden die breite abgeflachte Gestalt des Panzers — dieselbe erinnert im Umriß an Notholca striata! —, die deutliche Ausprägung des medianen Kiels, der ganz im Gegensatz zu Anuraea cochlearis nach vorn beinahe unmittelbar den Panzerrand berührt, weil die bei cochlearis stets deutliche unpaare Frontalplatte hier nur schwach angedeutet ist. Auffallend groß sind die Carinalia: sie nehmen auf *Rousselet*'s Abbildung beinahe die ganze Fläche des Panzers ein und auch ihr Umriß zeigt Abweichungen von denen der cochlearis. *Levander* giebt hier drei Paare an, zwei große vordere und ein kleines hinten, *Rousselet* dagegen vier, von denen die drei vorderen die größten sind. Ihnen gegenüber erscheinen die Lateralia stark reduziert, besonders auf *Rousselet*'s Abbildung.

Da ich die vorliegende jedenfalls recht interessante Art nicht aus Autopsie kenne, hält es auch schwer, ein abschließendes Urteil über ihre eventuelle Zugehörigkeit zum Formenkreis der Anuraea cochlearis zu fällen. Nach den Darstellungen *Levander*'s und *Rousselet*'s scheint es mir bis jetzt noch am besten, so lange keine

---

[1]) Die Originalarbeit *Thompson*'s (Proceedings of the Liverpool Biological Society 1892, p. 77) blieb mir unzugänglich; ich citiere nach *Rousselet* (1895).

Zwischenformen gefunden werden, Anuraea cruciformis vorläufig als eine besondere «Art» zu betrachten, die jedoch von allen Anuraea-Arten der Anuraea cochlearis am nächsten steht. Bemerkt sei übrigens noch, daß *Levander*'s Abbildung von Anuraea cruciformis und Beschreibung weit mehr Hinneigung zu Anuraea cochlearis erkennen lassen (so auch beispielsweise in der grobnetzigen Skulpturierung des Panzers) als die *Rousselet*'s, wo der Panzer als «very finely stippled» bezeichnet wird.

Tafelerklärung.

Die Umrisse sämtlicher Figuren sind bei Zeitz Obj. VII, Ok. 1 mit Hülfe des Zeichenapparates entworfen, also alle untereinander direkt vergleichbar. Bei der Reproduktion der Originaltafel wurden die Figuren entsprechend verkleinert und entsprechen jetzt einer ca. 250fachen Vergrößerung. Details der Panzerstruktur wurden bei ca. 600facher Vergrößerung eingezeichnet.

In allen Figuren bedeutet a der Profilumriß des Panzers, b die dorsale Ansicht.

Formenkreis von Anuraea cochlearis *Gosse*.

Fig. 1—10: Tecta-Reihe.
- Fig. 1: var. macracantha mit sehr langem Hinterdorn.
- Fig. 2—4: der typischen Form mehr oder weniger nahestehende Formen. (Fig. 2 kann auch als Übergang von macracantha zum Typ. betrachtet werden.)
- Fig. 5—6: forma micracantha mit sehr kurzem Hinterdorn.
- Fig. 7—8: forma tuberculata, bei welcher der Hinterdorn zu einem unregelmäßigen höckerartigen Vorsprung reduziert ist.
- Fig. 9—10: var. tecta. Der Hinterdorn ist verschwunden, die Vorderdornen sind sehr kurz, in Fig. 10 am distalen Ende abgerundet.

Fig. 11—14: Hispida-Reihe.
- Fig. 11—12: forma pustulata, die einen Übergang zur ausgebildeten var. hispida bildet.
- Fig. 13—14: var. hispida. Der ganze Panzer mit einem dichten Dörnchenbesatz überzogen. Täfelung des Panzers fast völlig verwischt.

Fig. 15—20: Irregularis-Reihe.
- Fig. 15—16: forma connectens, den Übergang zu var. macracantha vermittelnd.
- Fig. 17—18: forma angulifera mit der fortschreitenden winkeligen Knickung des medianen Kiels.
- Fig. 19: var. irregularis mit der scheinbar neuen Platte x (Fig. a).
- Fig. 20: forma ecaudata ohne Hinterdorn.

Fig. 21—23: Robusta-Gruppe.

Man beachte das steil abfallende Rückenprofil in Fig. 21a!

Fig. 24—25: var. leptacantha.

Fig 24: Form mit scharf abgegliedertem Hinterdorn, der bei Profilansicht (a) schief nach oben gerichtet ist.

Fig. 25: Form ohne Hinterdorn (forma ecaudata). — Die Grenzen der Panzerplatten fast völlig verschwunden.

Fig. 26: var. tecta forma maior.

Fig. 27: var. tecta forma punctata.

(Sonderabzüge ausgegeben den 24. Dezember 1900.)

Geschichte und Bedeutung der Schädelmessung.

Von Ludwig Wilser.

Von den vielen und großen Aufgaben der Anthropologie waren besonders zwei von grundlegender Bedeutung: einmal galt es, die Abstammung des Menschen und sein Verwandtschaftsverhältnis zu den übrigen Lebewesen festzustellen, dann aber, das Ursprungsland und die Verbreitungsweise jener edelsten Menschenrasse zu finden, aus der die weltbeherrschenden Völker, die Bahnbrecher des Fortschritts und Träger der Gesittung hervorgegangen sind. Zur Lösung der ersten Aufgabe, die den Werdegang vom Uranfang bis zur Krone der Schöpfung enthüllte, war die Erkenntnis von der aufsteigenden Entwickelung niederer zu höheren Arten, die eingehendste Vergleichung menschlicher mit tierischen Eigenschaften erforderlich; um das zweite Ziel zu erreichen, die verbindende Brücke von der Vorgeschichte zur Geschichte zu schlagen, mußten die leiblichen Merkmale und geistigen Fähigkeiten der einzelnen Menschenrassen untereinander verglichen, gegeneinander abgewogen werden, und hierbei spielte der Schädel als Träger des Gehirns, des Sitzes der Seelenthätigkeit, seine Gestalt als beständigstes, am längsten vererbtes Rassenmerkmal eine hervorragende Rolle.

Daß man schon im Altertum das Wesen der Rasse zu erkennen, ihre Reinheit zu würdigen verstand, zeigt *Tacitus*, der in seiner Germania unsere Vorfahren als ein durch keinerlei Blutmischung entstelltes, eigenartiges, reines, nur sich selbst gleichendes Volk beschreibt: habitus quoque corporum, quamquam in tanto hominum numero, idem. Aber damals beachtete man selbstverständlich nur die äußeren, augenfälligen Merkmale, Farben und Wuchs. Einige Jahrhunderte später brachten die Raubzüge der Hunnen, eines Volkes von östlicher Herkunft, eine ganz andere, von der germanischen wie von der südeuropäischen durchaus verschiedene Rasse in unsern Weltteil. Auffallende Gesichts- und Kopfbildung machte ihre wenig anziehende Erscheinung, die uns in der anschaulichen Schilderung Attilas, auch leiblich eines echten Sohnes seines Stammes, geschichtlich überliefert

ist, noch abstoßender. «Kurz von Gestalt», sagt *Jordan*, «breitschulterig, dickköpfig, schlitzäugig, mit spärlichem, graugesprenkeltem Bart, plattnäsig und gelbhäutig, verleugnet er durch solche Kennzeichen seinen Ursprung nicht.» Daß durch den Ausdruck «capite grandiori» besonders die Breite des Kopfs bezeichnet werden soll, ist nicht zweifelhaft, denn gerade sie gehört zu den hervorstechendsten Merkmalen der mit unverkennbarer Deutlichkeit geschilderten Rasse (Homo brachycephalus).

Aber, werden Sie vielleicht einwenden, darf man eine Menschenrasse allein nach der Schädelform benennen, wie bestimmt man überhaupt die Rasse und welchen verhältnismäßigen Wert haben die einzelnen Merkmale? «Alles fließt», dies Wort des alten Denkers enthält eine ewige Wahrheit für die Naturwissenschaft. Es giebt keine einzige Eigenschaft von Lebewesen, die sich nicht im Laufe der Zeit, in der Folge der Geschlechter ändern könnte. Die Veränderlichkeit leugnen heißt die Entwickelungslehre verwerfen. Es fragt sich nur, welche Merkmale bei der Abspaltung von Spielarten, insbesondere bei der Bildung der Menschenrassen zuerst vom Durchschnitt abweichen, am leichtesten den umgestaltenden Einflüssen der Außenwelt nachgeben. Offenbar diejenigen, die zu den neuesten Erwerbungen gehören und daher erblich am wenigsten befestigt sind. Je älter eine Eigenschaft, durch je mehr Geschlechter sie schon vererbt ist, desto starrer erscheint sie, desto kleiner werden die individuellen Schwankungen, desto größeren Widerstand vermag sie äußeren Einwirkungen oder Blutmischungen entgegenzusetzen. Wiederholt, auch in Ihrem Kreise, habe ich es ausgesprochen, daß bei der Rasseneinteilung des Menschen die Merkmale in folgender Reihenfolge berücksichtigt werden müssen: Schädel, Farben, Wuchs. Auf die Gründe, die uns zur Voranstellung des Schädels berechtigen, werde ich im Laufe der heutigen Erörterungen des öfteren zurückkommen müssen.

Der Erste, der durch Messungen am Schädel Aufschlüsse zu erhalten suchte, war gegen Ende des 18. Jahrhunderts der französische Naturforscher und Anatom *Daubenton*. Ausgehend von der richtig beobachteten und mit der Kopfhaltung zusammenhängenden Thatsache, daß bei höheren Wirbeltieren das Hinterhauptsloch weiter vorne liegt als bei niederen, legte er durch den Schädel zwei Linien, von denen die eine den vorderen und hinteren Rand dieses Loches berührt, die andere von letzterem zum unteren Rand der Augenhöhle zieht. Er erhielt dadurch einen später nach ihm benannten Winkel, der beim Menschen — *Daubenton* hat nur Europäer gemessen —

sehr klein, bei Tieren dagegen erheblich größer ist. Etwa zwanzig Jahre später hat *Soemmering* diese Beobachtungen dahin ergänzt, daß auch beim Neger das foramen magnum weiter hinten liegt als beim Weißen. Bald darauf fand der Holländer *Camper*, indem er von der Mitte der Stirn zum Rand des Oberkiefers und vom Ohrloch durch den Boden der Nasenhöhle Linien zog, seinen berühmt gewordenen, noch heute oft benutzten und angeführten «Gesichtswinkel». Es ist einleuchtend, daß dieser Winkel, mit dem der Erfinder hauptsächlich die Schönheit des menschlichen Antlitzes zeigen wollte, um so größer sein muß, je entwickelter die Stirn ist, je mehr die Kiefer zurücktreten, und daher zur Unterscheidung höherer von niederen Rassen wohl gebraucht werden kann. Auch der bekannte Göttinger Anatom *Blumenbach*, dem die Menschenkunde so viel verdankt, bediente sich bei seiner Rasseneinteilung dieses Winkels, fand aber bald, daß man ohne langes Messen, «auf einen Blick» die unterscheidenden Merkmale zu erkennen vermag, wenn man die Schädel nicht nur von der Seite (norma lateralis), sondern von oben (n. verticalis) betrachtet. In seinem für die damalige Zeit hervorragenden, gewöhnlich unter dem Namen «Dekaden» angeführten Werk[1]) setzt er auseinander, daß man für «ganze Völkergruppen, Rassen, gewisse charakteristische Kennzeichen des Schädels finden» kann, und hebt besonders den in die Augen springenden Unterschied zwischen dem fast viereckigen Kopf des Mongolen und dem schmalen und langen, wie von den Seiten zusammengedrückten Negerschädel hervor. *Blumenbach* hat, wie Sie wissen, die von *Cuvier* aufgestellten drei Hauptrassen, weiße Europäer, schwarze Afrikaner und gelbe Asiaten, um zwei weitere, die roten Amerikaner und die braunen Malaien, vermehrt und die durch mittlere Breite, vollendetes Ebenmaß und schöne Rundung des Schädels ausgezeichnete weiße Rasse nach dem Kaukasus benannt, teils weil man damals allgemein an einen östlichen Ursprung glaubte, teils weil ihm nach einem alten Vorurteil dies Gebirge als Heimat der schönsten Menschen galt. Obwohl jeder Berechtigung entbehrend, spukt diese Bezeichnung noch immer in zahlreichen wissenschaftlichen und volkstümlichen Schriften. Es war ein Engländer, *Prichard*, der die Aufmerksamkeit auf die Kieferbildung gelenkt[2]) und die Kunstausdrücke orthognath oder geradzähnig und prognath oder schiefzähnig eingeführt hat. Die Orthognathie ist selbstverständlich mit einem

---

[1]) Collectio craniorum diversarum nationum. Göttingen, 1790—1828.
[2]) Researches into the physical history of mankind. London 1818.

großen, nahezu rechten, die Prognathie oft mit einem erheblich kleineren Gesichtswinkel verbunden. In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts hat es ein Deutscher, der königlich sächsische Leibarzt *Carus*, unternommen, unter Anlehnung an die *Oken*'sche Wirbeltheorie und im Gegensatz zu *Gall's* Phrenologie, die der alte *Hyrtl* nicht ganz mit Unrecht «eine Erfindung von Thoren für Thoren» genannt hat, eine «wahrhaft wissenschaftliche Schädellehre» zu begründen. Nach seiner Auffassung haben im Vorderhirn die geistigen Fähigkeiten, im Mittelhirn die Gefühle, im Hinterhirn die tierischen Triebe ihren Sitz und er teilt[1]) daher, je nach dem Vorherrschen eines dieser Teile, die Menschheit in «Tagvölker» (Kaukasier), «Nachtvölker» (Äthiopier) und «Dämmerungsvölker» (Mongolen, Malaien, Amerikaner) ein. Er hatte übrigens schon die Wichtigkeit der «Dimensionen» des Schädels, bezw. Kopfes erkannt und sich zur Messung derselben eines Tasterzirkels und eines Zollstabs bedient. Um Ihnen, meine Herren, einen Begriff von der Art seiner Schädellehre zu geben, lassen Sie mich als Beispiel seine Kennzeichnung eines alten Schädels nordeuropäischer Rasse anführen: «Es läßt sich leicht abnehmen, daß eine Individualität mit stark hervorgehobener Willensregion, gut entwickelter Intelligenz, nicht zu viel Gemüt und entschiedenem Vorherrschen des Augensinnes ganz diejenige sein müßte, welche den Menschen befähigte, als Krieger sich auszuzeichnen, und man kann nicht füglich einen Schädel sehen, welcher dieser Eigentümlichkeit mehr entspräche, als der jenes Ureinwohners von Dänemark aus einem Hünengrab». Wie Sie sehen, etwas verschwommen und unklar; aber doch steckt in den Anschauungen von *Carus* ein gesunder Kern, der später von der strengen Wissenschaft bestätigt worden ist. Auch *Gratiolet*, ein um die Kenntnis des Gehirns hochverdienter Forscher, hat[2]) die europäischen Kulturvölker als «races frontales» bezeichnet, weil er gefunden hatte, daß bei den niederen Rassen, deren Schädelnähte überhaupt viel früher verstreichen, dieser Vorgang an der Stirn beginnt und so die weitere Entwickelung des Vorderhirns und der geistigen Fähigkeiten ausschließt. Wenn auch die Schädelhöhle nicht immer ganz vom Gehirn ausgefüllt wird, wenn die Geisteskraft weniger von der Hirnmenge, als von der feineren Ausgestaltung, der Zahl der Windungen, der Dicke der Rinde abhängt, so kann man doch im

[1]) Grundzüge einer neuen und wissenschaftlich begründeten Kranioskopie (Schädellehre). Stuttgart 1841.

[2]) *Leuret* et *Gratiolet*. Anatomie comparée du système nerveux. Paris 1857.

allgemeinen sagen, daß an Geräumigkeit des Schädels der Kulturmensch den Wilden, der Mann das Weib übertrifft; unsere Frauenrechtlerinnen mögen sich damit trösten, daß dieser Mangel zum Teil auch der geringeren Kraft und Größe des Weibes zuzuschreiben ist. Jedenfalls war es für die Wissenschaft von großem Wert, durch zuverlässige Messungen den Hohlraum der Schädelkapsel bestimmen zu können. Nach vergeblichen Versuchen mit Wasser, Leimausgüssen u. dgl. kam zuerst *Tiedemann*, dann der Amerikaner *Morton* darauf, den Schädel mit Hirse- oder Pfefferkörnern auszufüllen; Andere nahmen Sand, Schrot, Leinsamen, Graupen, und diese Meßart hat sich als beste bewährt und ist noch heute im Gebrauch. Die Körner werden, damit sie alle Buchten und Ecken gut ausfüllen, mit einem Stempel zusammengedrückt und dann in ein Glasgefäß mit Maßeinteilung gegossen, an dem man ohne Weiteres den Inhalt ablesen kann. Auf diese Weise hat *Meigs*[1]), ein Schüler *Mortons*, mit Hülfe der großen Schädelsammlung seines Lehrers festgestellt, daß der Schädelraum beim Weißen durchschnittlich ungefähr 1500, beim Australneger dagegen nur 1200 ccm beträgt. Im Großen und Ganzen ist bei dunkeln Rassen die Schädelhöhle etwa um den zehnten Teil weniger geräumig als bei der weißen. Als äußerste Grenzen dürfen wohl 2000 und 1000 ccm angesehen werden; setzt man den Hohlraum des Europäerschädels gleich 100, so ergeben sich für die übrigen Rassen folgende Zahlen: Mongolen 93, Malaien 91, Neger und Indianer 88, Hottentotten und Australier 80.

Wie die Dreiteilung der Vorgeschichte in Steinzeit, Bronzezeit und Eisenzeit zuerst den Altertumsforschern in Skandinavien, wo die Entwickelung eine ganz ungestörte, stetig fortschreitende gewesen, sich aufdrängen mußte, so war auch dies Land, wo die Vertreter zweier grundverschiedener Rassen, Schweden und Lappen, fast unvermittelt nebeneinander wohnen, wie kein anderes geeignet, dem Anthropologen die wichtigste Thatsache der Schädellehre, die Grundlage aller Rassenkunde, zu enthüllen. Ein Lappenschädel neben einen Schwedenschädel gehalten, mußte jedem klar machen, daß es sich hier nicht um Zufälligkeiten handeln kann, sondern daß echte, altvererbte Rassenmerkmale vorliegen. In der That hat auch schon *Nilsson* in seinem Werk[2]) über «des Nordens Urbewohner» darauf hingewiesen und seinen Freund *Retzius*, Professor der Anatomie in

[1]) The cranial characteristics of the races of men, in Nott und Gliddons Sammelwerk Indigenous races of the earth. Philadelphia 1857.

[2]) Skandinaviska Nordeus ur-invånare. Lund 1838—1843.

Stockholm, zur genaueren Untersuchung dieses auffallenden Unterschieds veranlaßt. Anders Adolf *Retzius*, geboren 1796 in Lund, gestorben 1860 in Stockholm, wird mit Recht «Vater der Schädelmessung» genannt, denn mit seinem Namen ist eine bahnbrechende Entdeckung, der größte Fortschritt auf diesem Gebiete verknüpft. Die Einteilung der Menschenrassen nach dem Verhältnis der Breite zur Länge des Schädels nennt *von Baer*[1]) einen «Anstoß», der «Epoche machen kann und hoffentlich auch machen wird», den «Sauerteig» der vergleichenden Anthropologie, dessen Bedeutung vor allem darin liegt, daß er «nach der ursprünglichen Abstammung nicht fragt, aber nachgewiesen und durch Zahlen anschaulich gemacht hat, wie verschieden die Schädel bei Völkern sein können, deren Sprachen allgemein als verwandt betrachtet werden». *Retzius* hatte bald erkannt, daß sich die Rasse am deutlichsten in der Gestalt der Schädelkapsel ausprägt, und begründete darauf seine Zweiteilung der gesamten Menschheit in Langköpfe, Dolichocephale, und Rundköpfe, Brachycephale; diese von ihm eingeführten Ausdrücke haben in der Wissenschaft dauerndes Bürgerrecht erlangt. Weniger Wert legte er auf die Gesichtsbildung, die ja hauptsächlich durch die stärkere oder geringere Entwickelung der Kauwerkzeuge bedingt wird. Springen die Kiefer stark vor, so bekommt das Gesicht einen wilden, tierischen Ausdruck, und *Retzius* benützte daher den Prognathismus, bezw. Orthognathismus, um seine Hauptgruppen in Unterabteilungen zu spalten, wobei es sich herausstellte, daß höhere Gesittung fast immer mit orthognathem Gesicht verbunden war. «Überhaupt», sagte er 1844 in einem Vortrag[2]) über die Schädelgestalt bei verschiedenen Völkern auf der 4. skandinavischen Naturforscherversammlung in Christiania, «scheint der Orthognathismus Europa, der Prognathismus die übrigen Weltteile zu seinem eigentlichen Stammsitz erwählt zu haben. Merkwürdig ist es, daß seit den ältesten Zeiten die gerade, lotrechte Gesichtslinie die edelsten Stämme des Menschengeschlechts ausgezeichnet hat und sozusagen die Begleiterin der Kultur gewesen ist.» Schon im Jahre 1840 hat *Retzius* nach diesen Grundsätzen eine Rasseneinteilung der gesamten Menschheit aufgestellt und der schwedischen Akademie der Wissenschaften vorgelegt, zwei Jahre später dann seinen bahnbrechenden und grundlegenden Vortrag[3]) über «die Schädel der Nordbewohner» auf der Naturforscherversammlung

[1]) Bulletin physico-mathématique de l'Acad. de St. Pétersbourg, 1858.
[2]) Om formen af hufvudets benstomme hos olika folkslag. Forhandlinger, 1844.
[3]) Om formen af nordboarnes cranier. Förhandlingar, 1842.

in Stockholm gehalten. Zugleich hob er bei dieser Gelegenheit eine merkwürdige, für die Frage nach dem Ursprung und der Ausbreitung der Völker entscheidende Thatsache hervor: «Aus diesen Gründen, die den Grüften unserer Vorfahren entnommen sind, dürfen wir schließen, daß deren Schädel von gleicher Gestalt waren wie der unsrige und daß dieser sonach ein Erbstück ist, das sich unverändert erhalten hat». Die Hauptmaße des schwedischen Forschers, der sich des Tasterzirkels, Zollstabs und Bandmaßes bediente, sind Länge, von der Glabella bis zum entferntesten Punkt der Hinterhauptsschuppe, Breite, zwischen beiden Scheitelbeinen, Höhe, vom vorderen Rand des Hinterhauptslochs bis zum Scheitel, und Umfang; die durchschnittliche Breite des Schwedenschädels berechnete er, Länge = 1000 gesetzt, auf 773.

Diese Schädellehre schien zunächst trefflich zu den damals herrschenden sprachlich-geschichtlichen Theorieen zu stimmen, die im Norden besonders durch *Nilsson*, *Rask*, *Keyser*, *Klee* u. A. vertreten waren. Vor der indogermanischen Einwanderung hatte unser Weltteil eine Urbevölkerung finnischen Stammes, die, der höheren Gesittung und den überlegenen Waffen der Eroberer aus dem Osten weichend, in die Berge und Halbinseln sich zurückzog; Überbleibsel derselben sind im Norden die Lappen, im Süden die Basken, beide eine fremde, vorarische Sprache redend. *Retzius* selbst teilte diese Ansicht vollkommen, woraus wir ihm um so weniger einen Vorwurf machen dürfen, als sie auch heute noch nicht ganz aus den Lehrbüchern verschwunden ist und zwei angebliche Baskenschädel seiner Sammlung in Stockholm thatsächlich brachycephal waren. Bald aber erhob sich ein Widerspruch, und zwar aus dem Land der Basken selbst. «Eine so wichtige Lehre», sagt *Broca*[1]), einer der bedeutendsten französischen Anthropologen, «auf der gewissermaßen die ganze Urgeschichte von Europa beruht, verlangt überzeugendere Prüfung.» Er unterzog sich dieser Prüfung mit Eifer und Hingebung und sah zu seiner eigenen Überraschung seine Zweifel bestätigt: die Rundköpfigkeit der Basken war eine falsche Voraussetzung. Zahlreiche, zusammen 136, Schädel aus dem Baskenlande diesseits und jenseits der Pyrenäen ergaben einen durchschnittlichen Index (Verhältniszahl für die Breite, wenn die Länge = 100) von 78,5, die spanischen allein von 77,2, die südfranzösischen von 80,2. Das war genau das Gegenteil von dem, was nach der angeführten Theorie, die auch *Broca* anfänglich

[1]) Bulletins de la Société d'Anthropologie de Paris. III. 1862 u. ff.

«verführt» hatte, zu erwarten war: das Volk, ursprünglich einer langköpfigen Rasse angehörend, hat von Norden her rundköpfige Bestandteile aufgenommen. Von Jahr zu Jahr sich mehrende Funde von Schädeln aus der ältesten Steinzeit mußten aber bald auch den hartnäckigsten Zweifler überzeugen, daß die Ureuropäer überhaupt eine ausgesprochen langköpfige Rasse gewesen sind.

Die Schädelmessung hat ja vor anderen Untersuchungsweisen den Vorzug, daß sie nicht auf das lebende Geschlecht beschränkt ist, sondern, soweit es die gefundenen Überbleibsel gestatten, die Entwickelung der Menschheit von ihren Uranfängen verfolgen kann. Dabei ist es selbstverständlich von größter Wichtigkeit, ob und wie die Verhältniszahlen (indices) der Schädel mit solchen von Köpfen verglichen werden können. «Wenn die Dicke der Weichteile», meint[1] *Broca*, der zuerst sein Augenmerk auf diese Frage gerichtet hat, «immer und überall die gleiche wäre, müßte der Schädelindex stets kleiner sein als der Kopfindex.» Durch Untersuchungen an 19 Leichen hatte er festgestellt, daß an dem mit seinen Hüllen umgebenen Kopf der Längsdurchmesser durchschnittlich um 0,6 cm, der Querdurchmesser um 0,8 cm, der Index um 1,68 größer ist als am Schädel, glaubt aber, bei Vergleichungen «mindestens 2 Einheiten» vom Kopfindex abziehen zu müssen, während andere Anthropologen wie *Topinard*, *Virchow*, *Stieda*, *Livi* teils damit übereinstimmen, teils überhaupt keinen nennenswerten Unterschied zugeben. Die Wahrheit liegt buchstäblich in der Mitte, und es ist nur zu verwundern, daß eine so einfache Sache nicht schon früher endgültig entschieden worden ist. Wie 1889 zuerst *Ammon* auf der hiesigen Naturforscherversammlung, dann in seinem Buch[2] «Die natürliche Auslese beim Menschen» auseinandergesetzt, kann das Verhältnis gar kein gleichmäßiges sein, sondern hängt ganz vom Index ab, da ein Bruch seinen Wert ändert, wenn Zähler und Nenner um den gleichen Betrag vergrößert werden. Während bei einem vollkommen runden Schädel eine gleichmäßig dicke Weichteilhülle den Index 100 gar nicht beeinflußt, muß sie bei einem sehr schmalen, beispielsweise von Index 60, diesen erheblich vergrößern. Streng genommen muß man also, um Schädel und Kopf vergleichen zu können, die Durchmesser des ersteren um die Dicke der Weichteile verlängern und dann erst den Index berechnen. Da beim Querdurchmesser des Kopfs auf beiden

---

[1]) Bulletins de la Soc. d'Anthr. de Paris. 2 s. III. 1868.

[2]) Jena 1893.

Seiten die behaarte Haut und die Ausstrahlung des Kaumuskels in Betracht kommt, da ferner nach *Welcker's* Untersuchungen[1]) auch die Durchtränkung der lebenden Knochen diesen Durchmesser etwas verbreitert, müßte eigentlich für ihn etwas mehr angesetzt werden. Aus Gründen der Zweckmäßigkeit habe ich aber schon vor Jahren[2]) vorgeschlagen, in beiden Fällen 1,0 cm zu nehmen, was für den Längsdurchmesser wohl etwas zu viel ist, aber gerade dadurch den Fehler ausgleicht. Nach dieser Berechnung entspricht einem Schädelindex von 80 ein Kopfindex von 81, und da schon *von Baer*[3]) diesen Index als den mittleren des «gesamten Menschengeschlechts» bezeichnet hat, so wird man in den meisten Fällen und besonders bei großen Zahlen der Wahrheit am nächsten kommen, wenn man vom Kopfindex, um ihn mit dem des Schädels vergleichen zu können, eine Einheit[4]) (nicht wie bisher meist zwei) abzieht; wer noch genauer sein will, kann bei Indices, die um 70 liegen, 1,5, bei solchen um 90 dagegen 0,5 abziehen, bezw. zuzählen.

R. Wagner[5]) und *Lucae*[6]) haben die Untersuchung des Schädels mit der des Gehirns zu verbinden gesucht, wobei aber eigentliche Messungen eine untergeordnete Rolle spielen. Letzterer, der mit Zollstock, Zirkel und Winkel «leichter, rascher und sicherer an der geometrischen Zeichnung» als am Schädel oder Kopf messen zu können glaubte, beklagt lebhaft den «traurigen, jeder sicheren Grundlage entbehrenden» Zustand der damaligen ethnographischen Kraniologie und verlangt dringend Besserung, muß sich aber von *Welcker*[7]) sagen lassen, daß eben nur «gründliche und umfassende Messungen am äußeren Schädel» eine solche Grundlage abgeben können.

Nach den verschiedensten Richtungen hat dieser letztgenannte Forscher die Schädellehre gefördert, ganz besonders aber die Wachstumsgesetze zu ergründen gesucht und die Entwickelung des Schädels durch alle Lebensalter verfolgt. Als wichtigste Teile erschienen ihm die Ausgangspunkte der Verknöcherung und des Wachstums, die am ausgewachsenen Schädel meist noch als Höcker (tubera) zu erkennen

---

1) Wachstum und Bau des menschl. Schädels. Leipzig 1862.

2) Badische Schädel. Archiv für Anthropologie XXI.

3) Crania selecta. Petersburg 1859.

4) In einer Anmerkung auf S. 94 seiner «Anthropologie der Badener», Jena 1899, tritt auch *Ammon* dieser Anschauung bei.

5) Morphologie u. Physiologie d. menschl. Gehirns. Göttingen 1860–62.

6) Morphologie der Rassenschädel, Frankfurt 1861–64.

7) Wachstum und Bau des menschlichen Schädels. Leipzig 1862.

und bei Messungen besonders zu beachten sind. *Welcker* maß daher beispielsweise den Umfang nicht über die «höchst wandelbare» glabella, sondern über die Stirnhöcker, ebenso den Längsdurchmesser nicht wie *Retzius* und *von Baer*[1]) von der glabella bis zur hervorragendsten Stelle des Hinterhaupts, sondern von der Mitte zwischen beiden Stirnhöckern bis zum tuber occipitale. Den *Retzius*'schen Maßen wirft er vor, daß sie zu «beschränkt» und «nicht durch hinlänglich genaue Vorschriften gesichert» seien, der auf sie begründeten Völkereinteilung, daß nur gentes dolichocephalae und brachycephalae unterschieden und die doch am häufigsten vorkommenden Mittelformen des Schädels nicht berücksichtigt würden. Richtig ist, daß *Retzius* von der ungeheuren Ausdehnung der Blutmischung, die fast keine rassereinen Völker mehr übrig läßt, noch keine Vorstellung hatte; doch hat auch er schon 1844 auf der Versammlung in Christiania auf Übergänge und Zwischenstufen hingewiesen und die Notwendigkeit umfassenderer Untersuchungen betont. *Welcker* hat den Wahn, die Deutschen seien immer langköpfig, zerstört und eine orthocephale Mittelgruppe aufgestellt, die allerhäufigste, von der die entschieden lang- oder rundköpfigen Menschen nur «vereinzelte Abschweiflinge» seien. Er verfällt damit in den entgegengesetzten Fehler, denn auch er hatte noch keine Ahnung von der Umgestaltung der Rassen durch Mischung und Kreuzung. Wenn sich die allgemeine Gültigkeit des Gesetzes, daß «mit steigender Körpergröße der Querdurchmesser des Schädels gegen den Längsdurchmesser mehr und mehr zurücktritt», bewahrheitet hätte, so wäre dies von der größten Wichtigkeit für Schädellehre und Völkerkunde. Aber erstens ist die Zahl der Skelette, 15, aus der *Welcker* seine Schlüsse zieht, viel zu klein, um den Zufall auszuschließen, zweitens sind gerade die größten aller Menschen, Bosnier und Patagonier, ausgesprochen rundköpfig, die kleinsten dagegen, afrikanische Zwerge und Weddas, langköpfig. Wohl wächst im allgemeinen der Schädel mit der Leibeslänge, aber nicht im gleichen Verhältnis, denn «kleinere Menschen besitzen im Durchschnitt einen verhältnismäßig größeren Kopf», und die Schädelgestalt scheint nach den angeführten Beispielen von der Körpergröße unabhängig zu sein. Bei einzelnen Völkern freilich, z. B. gerade den Deutschen, die aus der Verschmelzung einer großen langköpfigen und einer kleinen rundköpfigen Rasse hervorgegangen sind, wäre eine solche Wechselbeziehung, wenn sich die Eigenschaften des Knochengerüstes zusammen vererben,

---

[1]) Bericht über eine Versammlung von Anthropologen in Göttingen. 1861.

nicht unerklärlich. In diesem Sinn haben unsere Untersuchungen[1]) an badischen Wehrpflichtigen *Welckers* Ergebnisse bestätigt, wenn auch der Ausschlag ein viel kleinerer ist: unter 6800 Mann hatten die Größten einen um 0,8 niedrigeren Index als die Kleinsten, während bei den 15 Skeletten der Hallischen Sammlung der Unterschied 5,6 betrug. Als wichtigstes Maß galt *Welcker* der Umfang, der im Mittel bei den «Kaukasiern» am größten, beim Weibe kleiner als beim Manne ist und «für sich allein» einen Schluß auf Innenraum des Schädels und Hirngewicht gestattet. Aus der Summe der drei Durchmesser läßt sich mit Hülfe eines «modulus» der Schädelraum berechnen[2]), doch können alle durch Rechnung gewonnenen Ergebnisse mit den unmittelbar durch Füllung der Schädelkapsel erhaltenen «nicht wetteifern». Große Aufmerksamkeit wandte *Welcker* den Eigenschaften des weiblichen Schädels zu, den er im ganzen länglicher, nach der Dolichocephalie zu «eine Terz höher» fand als den männlichen. Dies stimmt nicht mit den Angaben anderer Forscher, u. A. *von Düben's*, der aus hunderten von Schwedenschädeln, also bei einer reineren Rasse, einen um 0,65 höheren Index des Weibes[3]) berechnet. Ich denke mir das Verhältnis bei verschiedenen Rassen gar nicht übereinstimmend; im allgemeinen steht das Weib auf einer etwas tieferen Stufe der Entwickelung als der Mann, und wenn eine Rasse durch Aufnahme fremden Blutes die Neigung hat, rundköpfiger zu werden, so wird der weibliche Schädel diesen Einflüssen etwas länger Widerstand leisten. Die übrigen Unterschiede müssen sich bei Kulturvölkern und in den höheren Ständen viel mehr ausprägen als bei Wilden und Bauern, wo auch dem Weibe eine schwere Arbeitslast und ein gut Teil vom Kampf ums Dasein zufällt. Schon *Retzius* fand «die Schädel dalekarlischer Bäuerinnen vielfach ebenso groß und stark ausgebildet» wie die der Männer, und bei vorgeschichtlichen Schädeln ist es oft nicht leicht zu entscheiden, ob sie großen kräftigen Weibern oder kleineren Männern angehört haben.

Auch *Ecker* hat sich eingehend mit dieser Frage beschäftigt und festgestellt, daß ein Hauptkennzeichen des weiblichen Schädels der flache, mit der Stirn einen richtigen Winkel bildende Scheitel ist. Ganz besondere Beachtung und Anerkennung aber verdienen die Schlüsse, die der hervorragende Freiburger Anthropologe aus der

---

[1]) *Ammon*, Zur Anthropologie der Badener. Jena 1899.

[2]) Die Kapazität und die drei Durchmesser, Archiv für Anthropologie XVI.

[3]) Caractères craniologiques de l'homme préhistorique en Suède. VII Congrès internat. de Stockholm 1874, Compte rendu.

Schädelgestalt für die Abstammung, Ausbreitung und Mischung der Völker[1]) gezogen hat. Durch die «völlige Übereinstimmung» der germanischen Reihengräberschädel mit denen von Schweden ältester und jüngster Zeit war er zu der Überzeugung gekommen, «daß die beiden genannten Völkerstämme Teile eines und desselben großen Volkes sind, deren einer in seinen alten Wohnsitzen verblieben ist und sich mehr unvermischt erhalten hat, während der andere nach neuen Wohnsitzen aufgebrochen, sich zerstreut und allmählich durch Vermischung und Kreuzung mit anderen Stämmen verändert hat». Schon vor 35 Jahren war er mit dieser Auffassung der Wahrheit sehr nahe gekommen; die fortschreitende Wissenschaft hat ihm durchaus recht gegeben und gezeigt, daß nur auf dieser Grundlage eine Verbindung von Geschichte und Vorgeschichte möglich ist.

Damit war, bis auf die Nutzanwendung, schon damals erreicht, was die vergleichende Schädelforschung überhaupt leisten kann. Wohl haben seitdem zahlreiche Kraniologen gemessen und gewogen, gerechnet und gezeichnet, auf jede nur denkbare Weise, mit Winkeln und Kurven, mit «Hebeln und mit Schrauben» dem Schädel neue, nie geahnte Geheimnisse zu entlocken versucht, es ist aber bei all dieser Vielgeschäftigkeit nichts herausgekommen, was Mühe und Kosten auch nur einigermaßen gelohnt hätte. Immer neue, immer verwickeltere Meßwerkzeuge, Maschinen, die zum Teil Tausende gekostet, wurden ersonnen und angepriesen, aber *Broca's* nüchterne, schon 1861 gesprochene Worte[2]) gelten noch heute: «Man hat eine große Zahl von Winkeln, Bögen, Durchmessern, Halbmessern, Dreiecken, Flächen u. dergl. gemessen und dazu eine Menge von Instrumenten erfunden, die alle ohne Zweifel eine gewisse Nützlichkeit haben, meistens aber einem ganz bestimmten Zweck dienen und nachgerade die Ausrüstung des Anthropologen über Gebühr belasten.» Nie hätte man vergessen sollen, daß es nicht darauf ankommt, an wenigen Schädeln möglichst viel, sondern an möglichst vielen Schädeln oder Köpfen einiges Wenige zu messen. Dazu muß das Geräte einfach und handlich, «das Verfahren leicht und schnell» sein. Jedes äußere Merkmal, so auch die Schädelgestalt, gewinnt aber für den Naturforscher erst Bedeutung, ist für die Rasseneinteilung nur dann zu verwerten, wenn es nicht vereinzelt, sondern weit verbreitet auftritt, so daß jede Zufälligkeit ausgeschlossen ist.

---

[1]) Crania Germaniae meridionalis occidentalis. Freiburg i. B. 1865.

[2]) Sociét. d'Anthrop. de Paris. Séance du 19 déc. 1861.

Mit einigen Dutzenden von Kopfmessungen war es nicht gethan; diese mußten über Tausende, über ganze Völker, ja Weltteile ausgedehnt werden, um die großen Verhältnisse überschauen, den inneren Zusammenhang erkennen zu können. Solche Untersuchungen größeren Umfangs sind gemacht worden von *Weisbach* in Österreich, *Collignon* in Frankreich, *Beddoe* in England, *Zograf* in Rußland, *Arbo* in Norwegen, *Hansen* in Dänemark, *Livi* in Italien, *Olóriz* in Spanien u. A. In Deutschland haben wir mit unserer Untersuchung der badischen Wehrpflichtigen[1]) erst den Anfang gemacht. Die Ergebnisse hat *Ripley* in seiner Racial geography of Europe[2]) durch eine Karte anschaulich zu machen gesucht. Bei aller Unvollständigkeit läßt sich doch so viel erkennen, daß unser Weltteil sowohl im Norden als auch im Süden von langköpfigen Völkern bewohnt wird, zwischen die sich von Osten her ein immer schmäler werdender Keil von Rundköpfen einschiebt. Sehr bemerkenswert ist das Verhalten der Inseln: England, Irland, Korsika, Sardinien, Sizilien sind auffallend langköpfig und zeigen, daß diese Kopfform die ursprünglich in Europa heimische ist. Um all diese Untersuchungen miteinander vergleichen zu können, brauchen wir selbstverständlich ein einheitliches Meßverfahren. Da alle anderen Völker mit dem Tasterzirkel messen, so war die auf der Frankfurter Anthropologenversammlung vom Jahr 1882 eingeführte «Deutsche Horizontale» kein Fortschritt; *Buchner*, der in einer Abhandlung[3]) «Völkerkunde und Schädelmessung» die Auswüchse und Verirrungen der Kraniologie in launiger Weise geißelt, dabei aber etwas übers Ziel hinausschießt, meint sogar, «ihr gebühre die Palme der Unbrauchbarkeit». In der That hat sie kaum einen anderen Vorzug, als daß man ein solches hölzernes Schiebermaß gebrauchen kann, das sich bei unseren badischen Erhebungen sehr bewährt hat und bei Massenuntersuchungen handlicher ist als der Tasterzirkel. *Ammon* hat die dabei herauskommenden Unterschiede berechnet[4]) und gefunden, daß im Durchschnitt unser deutscher Längsdurchmesser um 0,12 cm zu kurz, der Index um 0,6 zu groß ausfällt. Will man also den Kopf eines mit unserer Schädelklubbe behandelten Badeners mit einem nach *Retzius* mit dem Zirkel gemessenen Schädel ver-

[1]) Die Ergebnisse sind zusammengefaßt in dem Werk unseres Schriftführers *Ammon*, Zur Anthropologie der Badener. Jena 1899.

[2]) Appletons' Popular Science Monthly 1897.

[3]) Beilage zur Allgem. Zeitung, 1899. Nr. 282—284.

[4]) Wechselbeziehung des Kopfindex nach deutscher und französischer Messung. Centralblatt für Anthropologie 1897. II.

gleichen, so muß man erst 0,6 für die Meßart und dann, nach meiner früheren Auseinandersetzung, noch 1,0 für die Weichteile in Abzug bringen; einem Kopfindex von 81,2 z. B. entspricht ein Schädelindex von 79,6. Bei solchen Vergleichungen zeigt sich nun, daß in den anderthalb Jahrtausenden, die seit der Besitznahme dieser Gaue durch germanische Stämme verflossen sind, der Schädel sich ganz erheblich verändert, der Index um etwa 10 Einheiten zugenommen hat. Die Frage nach den Ursachen dieser auffallenden Erscheinung ist eine der wichtigsten der ganzen Völkerkunde; ihre richtige Beantwortung vermag manches lange dunkel gebliebene Gebiet unseres Wissens zu erhellen. Ist vielleicht die fortschreitende Bildung und Gesittung, wie manche Anthropologen gemeint haben, daran schuld? Nein, denn in Schweden, wo das Volksschulwesen dem unsrigen mindestens ebenbürtig ist, läßt sich keine Veränderung nachweisen. Nun, dann muß das Klima dafür verantwortlich gemacht werden! Das geht ebenso wenig an, denn gerade auf unserm Schwarzwald, wo es bekanntlich «9 Monate Winter und 3 Monate kalt ist» und die Witterungsverhältnisse denen im mittleren Schweden am meisten gleichen, ist die Abweichung von der ursprünglich germanischen Kopfbildung am größten. Es bleibt nur die eine Möglichkeit, diese Veränderungen — auch Haare und Augen zeigen eine beträchtliche Zunahme der dunkeln Farben — mit einem Rassewechsel zu erklären, der sich ganz allmählich und ohne Einfluß auf die Sprache vollzogen hat. In Schweden haben keine Einwanderungen stattgefunden, in den Thälern des Rheins und der Donau, diesen alten Völkerstraßen, dagegen die mannigfachsten Verschiebungen und Mischungen; daher der Unterschied.

Welches Volk hat nun die fremde, rundköpfige Rasse zuerst nach Mitteleuropa gebracht? Keines von denen, die einen geschichtlichen Namen tragen. Schon in der neueren Steinzeit war das obere Rheinthal ziemlich dicht besiedelt und zwar von einer Bevölkerung, deren Namen wir zwar nicht kennen, deren Schädel aber — ich habe solche von Rappenau, vom Michaelsberg bei Untergrombach und ganz kürzlich einen vom Isteiner Klotz untersucht — Sie von diesem vor zwei Jahren bei Handschuhsheim ausgegrabenen Alemannenschädel nicht zu unterscheiden vermöchten. In den der gleichen Zeit angehörenden Pfahlbauten der Alpenseen finden sich dagegen schon vereinzelte Rundköpfe. Es folgt die Bronzezeit und die den Übergang zum Eisen bildende Hallstattzeit, die schon vom Morgenrot der Geschichte bestrahlt wird und für die uns der Name der Bewohner, Rhäter, überliefert ist. Die aus diesen Jahrhunderten stammenden Schädel sind teils rassereine

Langköpfe, teils Mittelformen, teils richtige Rundköpfe; die Rassenmischung hat also damals schon begonnen. Ungefähr im 5. vorchristlichen Jahrhundert wanderten von Westen her gallische, ganz mit Eisen gewappnete Völker ein. Auch sie haben verschiedene Schädel in unserem Boden zurückgelassen, von denen einige rein langköpfige Rasse, manche auch rundköpfige Beimengungen erkennen lassen. Andere Funde zeigen aufs unzweideutigste, daß die Völker der europäischen Bronzezeit und die Kelten[1]) ursprünglich alle der langköpfigen Rasse angehört haben. Während der römischen Herrschaft war die Bevölkerung im Zehntlande jedenfalls eine gemischte, doch werden die Gallier vorgeherrscht haben. Die Einwanderung der Germanen brachte dann wieder eine völlig reine Rasse. Aus dieser durch die vergleichende Schädelmessung festgestellten Thatsache geht hervor, daß die Germanen unmöglich aus dem Osten, wo eine Vermischung mit Rundköpfen unvermeidlich gewesen wäre, eingewandert sein können. Sie müssen ohne Umwege und Aufenthalt aus einem Lande gekommen sein, das vor Rassenmischung geschützt war. Daher die schon von *Ecker* ganz richtig gedeutete Gleichheit der alemannisch-fränkischen und der schwedischen Schädel.

Es wäre selbstverständlich ganz unwissenschaftlich, die Rasse bloß nach der Schädelgestalt bestimmen zu wollen; diese ist nur eines unter anderen Merkmalen, allerdings, weil ohne Blutmischung fast unveränderlich, das schwerstwiegende. Infolge ungünstiger Umstände, wie Nahrungsmangel, Inzucht, Kälte, sehen wir die Körpergröße in wenigen Geschlechterfolgen oft ganz erheblich zurückgehen und ebenso unter besseren Verhältnissen sich wieder heben. Hitze und Sonnenstrahlung üben den größten Einfluß auf die menschliche Haut, in der sich unter ihrer Wirkung mehr und mehr Farbstoff ablagert. Wohl bewahrt die erhaltende Kraft der Vererbung farbstoffarmen Rassen auch zwischen den Wendekreisen durch mehrere Generationen ihre hellere Farbe, allmählich aber siegt die Macht der

[1]) Man hat nach einer Äußerung von *Virchow* der Schädelmessung mit Unrecht vorgeworfen, daß sie «noch nicht einmal Kelten, Slaven und Germanen zu unterscheiden» vermöge. Gleiches von Gleichem zu trennen vermag sie allerdings ebenso wenig als jede andere wissenschaftliche Untersuchungsweise; es ist im Gegenteil ihr großes Verdienst, den unumstößlichen Nachweis erbracht zu haben, daß all diese Völker aus ein und derselben Rasse hervorgegangen sind. Welche Sprache die Zunge geredet, die einst zwischen den Kiefern sich regte, das kann die Naturwissenschaft nicht ermitteln; hierbei muß der kundige Altertumsforscher, der keltische, germanische und slavische Waffen und Schmucksachen wohl zu scheiden weiß, helfend eintreten.

äußeren Verhältnisse und die Nachkommen von Weißen werden auch ohne Vermischung dunkler und dunkler. Beispiele sind die indischen Juden und einige nubische Völkerschaften, die, ohne ihren Gesichtsschnitt zu ändern, im Lauf von Jahrhunderten oder Jahrtausenden schwarz wie die Neger geworden sind. Mit der Farbe der Haut ändert sich aber auch die der Augen und Haare; letztere[1]), die ja nur Anhängsel der Haut sind, werden um so feiner und weicher — man vergleiche das Seidenhaar des Albinos mit dem Roßhaar des Negers —, je weniger Farbstoff diese enthält. Ganz anders die Schädelform: wir finden sie völlig unabhängig von äußeren Einflüssen. Die größten wie die kleinsten, die weißesten wie die schwärzesten Menschen, Kulturvölker auf der höchsten und Wilde auf der untersten Stufe geistiger Entwickelung sind langköpfig, und ähnlich verhalten sich auch die rundköpfigen Völker. Welchen Fortschritt erkennen Sie von der flachen, den Vorderlappen des Gehirns nur spärlichen Raum bietenden Stirn des Spyschädels bis zu dem schöngewölbten geräumigen Vorderhaupt des heutigen Europäers, und doch ist die eigentliche Gestalt des Schädels, das Längenbreitenverhältnis nicht verändert. Wie gerade die Schädel vom Spy und Neanderthal zeigen, erfolgte die Zunahme des Gehirns hauptsächlich durch Verlängerung des Höhendurchmessers. Man sieht auch nicht ein, wie ein Rundwerden des Schädels dessen Innenraum vergrößern soll; dieser steht ja in unmittelbarer Wechselbeziehung mit allen drei Durchmessern, und eine Verkürzung des größten muß ihn notwendigerweise verkleinern. Dagegen wird ihn selbstverständlich eine Verlängerung des Querdurchmessers vergrößern, wobei aber ein ursprünglich dolichocephaler Schädel immer noch seine längliche Gestalt behält. Die größten am normalen Schädel beobachteten Maße sind wohl für die Länge 22,0, für die Breite[2]) 17,0 cm; das giebt immer noch einen Index von 77,2, d. h. einen Langschädel. Dazu stimmt sehr gut der von *Bolk* aus 229 Frauenschädeln als für die Kapazität am günstigsten berechnete[3]) Index von 77,7. Die von *Bloch* auf dem 12. internationalen Anthropologenkongreß in Paris aufgeworfene Frage, ob sich nicht einfach Langköpfe in Rundköpfe verwandeln könnten und umgekehrt, hat selbstverständlich für die Kraniologie die größte

[1]) Es ist deshalb verkehrt, auf die Haare allein eine Rasseneinteilung zu begründen.

[2]) Unter 30000 Mann haben wir in Baden nur zweimal eine Kopfbreite von 17,7 cm, bei starkem Verdacht auf Wasserkopf, gemessen.

[3]) Nederl. Tijdschrift voor Geneeskunde, 1900 I 12.

Bedeutung. Könnte die Wissenschaft sie bejahen, so wäre der Schädelmessung das Todesurteil gesprochen und jede aus der Verschiedenheit des Längenbreitenverhältnisses gezogene Schlußfolgerung hinfällig. Es ist ja nicht zu leugnen, daß es etwas völlig Unveränderliches in der Natur nicht giebt: der kugelrunde Kopf der Bulldogge und der langgestreckte des Windspiels gehen doch auf eine gemeinsame Grundform zurück, und in Südamerika giebt es eine rundschädelige Abart des Rindes, deren Abstammung von europäischen Rassen außer Zweifel steht. Wir lächeln heute über den Streit der Monogenisten und Polygenisten, der vor 30—40 Jahren so heftig getobt hat, weil wir eingesehen haben, daß ja doch alle Menschen von gemeinsamen Vorfahren abstammen müssen und nur die Frage bleibt, wie weit wir die Gabelung des Stammbaums zurückverlegen sollen. Demnach müssen auch Langköpfe und Rundköpfe gemeinsame Urahnen haben; nur läßt die merkwürdige Thatsache, daß auch die afrikanischen Großaffen von den asiatischen in gleicher Weise durch die Schädelbildung geschieden[1]) sind wie die Menschenrassen beider Weltteile, vermuten, daß dieses Hauptrassenmerkmal bis in vormenschliche Zeiten zurückreicht. Die langköpfigen Menschen haben ihr Verbreitungsgebiet in Europa, Afrika, Südasien und Australien, die rundköpfigen in Nordasien und Inselindien. Selbstverständlich haben sich beide Rassen vielfach durchsetzt und durchdrungen; Amerika hat seine Bevölkerung von beiden Verbreitungszentren erhalten. Nach allen Erfahrungen und Beobachtungen streng wissenschaftlicher Forscher werden wir daher annehmen dürfen, daß sich mindestens seit der Eiszeit die Form, d. h. das Längenbreitenverhältnis des menschlichen Schädels, wesentlich nur durch Rassenkreuzung geändert hat, und in den lebhaften Widerspruch einstimmen, auf den die *Bloch*schen Ansichten in Paris gestoßen sind.

Während aber die beiden Hauptrassen der Menschheit ursprünglich um etwa 15 Einheiten des Index von einander abwichen, ist dieser Unterschied heute, und besonders bei den europäischen Kulturvölkern, durch eine seit Jahrtausenden wirkende Rassenkreuzung verwischt. Teils haben sich Mittelformen gebildet, teils stehen die Gegensätze durch Rückschlag nach der einen oder anderen Seite unvermittelt nebeneinander. Im gleichen Volk, der nämlichen Sippe, ja unter Geschwistern finden wir oft die verschiedenste Kopfbildung.

[1]) Unter 78 Gibbonschädeln fand *Kirchner* 58 % Rundköpfe, 37 % Mittelformen und nur 5 % Langköpfe. Es ist aber sehr fraglich, ob alle zur gleichen Art (Hylobates concolor) gehören.

Dieser Umstand ist es, der viele Anthropologen und Ethnologen verwirrt und zu Zweiflern an Wert und Bedeutung der Schädelmessung gemacht hat. «Als ich vor 10 oder 11 Jahren», sagt[1]) *von Düben* schon 1874, «mich diesen Untersuchungen hingab, schien mir die Frage sehr einfach, die Antwort leicht. Jetzt liegt die Sache anders: der Stoff hat sich gehäuft, die Beobachtungen sind zahlreicher, meine Zweifel haben sich von Tag zu Tag vervielfältigt und meine Sicherheit von ehemals — sie ist verflogen.» Und *Gustav Retzius*, der eigene Sohn des Vaters der Schädelmessung, muß in dies Klagelied einstimmen. «Das Studium der Schädel der Menschenrassen», äußert er[2]) bei der gleichen Gelegenheit, «ist ohne Zweifel eine der undankbarsten wissenschaftlichen Untersuchungen. Wie schon vorhin erwähnt, schlägt es viel häufiger den Mut des Forschers nieder, als es ihn erhebt.» «Was ist», fragt er schließlich, «das Endergebnis dieser ungeheuren Arbeit? Hat man ein wirklich wissenschaftliches Ziel erreicht oder ist alles umsonst gewesen?» Er tröstet sich damit, daß «ernste und ehrliche Arbeit» noch nie ganz vergeblich gewesen sei. Dem dürfen wir, nachdem wieder ein an Mühen, Erfahrungen und Enttäuschungen reiches Vierteljahrhundert verflossen, beistimmen. Ganz unberechtigt sind die Verdammungsurteile, die in neuerer Zeit zahlreiche Forscher, wie *Novicow*, *Ehrenreich*, *Hovorka*, *Sergi*, *Wohlbold*, *Buchner*[3]), über die Schädelmessung gefällt haben, gewiß nicht, sie gehen aber meistens zu weit und verwerfen mit der faulen Schale auch den guten Kern. Und dieser Kern ist und bleibt die von *Retzius* Vater aufgestellte Zweiteilung der Menschheit in Langköpfe und Rundköpfe. Der Index von 80 bildet die Grenze zwischen beiden,

---

[1]) l. c.

[2]) ibid.

[3]) L'avenir de la race blanche. Paris 1897. — Urbewohner Brasiliens, Braunschweig 1897. — Sollen wir weiter messen oder nicht? Centralbl. für Anthropologie, 1898 III. 4. — Ursprung und Verbreitung des mittelländ. Stammes, Leipzig 1877 u. A. — Die Kraniologie, ihre Geschichte und Bedeutung. Nürnberg 1899. — Völkerkunde und Schädelmessung. Beilage zur Allgem. Zeitung Nr. 282—84. 1899. — In einer akademischen Antrittsrede «Die Anthropologie als Wissenschaft und Lehrfach», Jena 1901, wendet sich *Martin* u. a. auch gegen die Verirrungen der Kraniologie: «Die Lauheit, mit der man in wissenschaftlichen anthropologischen Kreisen dem kritiklosen, dilettantischen Spielen mit Lang- und Kurzköpfen zusieht, hat dem Ansehen unserer Wissenschaft ernstlich Schaden gethan». Aber auch er geht zu weit; zwischen einzelnen «Deutschen» und «Schweizern» wird freilich die Schädelmessung in manchen Fällen keinen Unterschied feststellen können, wohl aber im Verhältnis der in beiden Völkern vertretenen Rassen.

und all die Unterabteilungen oder «Klassen», die vielen Kunstausdrücke, «nicht gerade sehr anmutig, langatmig, eckig zusammengeleimt mit Hülfe des griechischen Lexikons, ein hochwissenschaftliches Kauderwälsch», sind überflüssig.

Nach den Farben zerfällt die langköpfige Menschheit in zwei Hauptrassen, Weiße (Homo europaeus Linné) und Schwarze (Homo africanus) und zwischen beide schiebt sich als Bindeglied die Mittelmeerrasse (Homo mediterraneus) ein. Vor allen andern verdient die nordeuropäische Rasse unsere Beachtung, weil sie die geistig höchststehende ist, aus der alle «arischen» Völker, zuletzt die Germanen, hervorgegangen sind und der noch heute die Träger des Fortschritts und der Gesittung angehören. Außer der Schädelgestalt waren ihre Merkmale schon *Tacitus* bekannt, und *Linné* hat ihr den wissenschaftlichen Namen gegeben, der ihre Hauptverbreitung und ihren Ursprung bezeichnet. Nach Naturgesetzen[1]) wird jede Rasse ihre im

---

[1]) In einem Bericht (Revue de l'école d'Anthropologie de Paris, 1900 X 12) über den 12. intern. Anthropologenkongreß sagt *Papillault* von meinem Vortrag über «Migrations préhistoriques», der Inhalt sei mit unbestreitbarer Logik aus dieser Voraussetzung «a priori» abgeleitet. Ich muß dagegen Einsprache erheben, von einer unbewiesenen Voraussetzung ausgegangen zu sein. Fängt eine Rasse, die irgendwo unter bestimmten Verhältnissen sich gebildet hat, an sich auszubreiten, so werden diejenigen Individuen, die sich am weitesten vom Ursprungsgebiet entfernen, den meisten abändernden Einflüssen ausgesetzt sein, weil sie sich teils anderen Lebensbedingungen anpassen, teils mit fremdrassigen Bestandteilen vermischen müssen. All dies fällt im Mittelpunkt weg, und gerade die Auswanderer bilden einen die Stammrasse schützenden Ring um die in der Urheimat Zurückgebliebenen. — Ähnlich, nur etwas unbestimmter, äußert sich *Ratzel* (Geographische Prüfung der Thatsachen über den Ursprung der Völker Europas, Verhandlungen der kgl. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, 1900 LII 2): «Es wird also mit dem Wachstum eines Rassengebietes die Sonderentwickelung der Rasse auf zweierlei Weise geschützt: es werden die centralen Bestandteile vor Berührung mit den fremden Elementen immer sicherer gestellt und es wird die unvermeidliche Berührung mit diesen Elementen in der Peripherie immer mehr verkleinert.» Selbstverständlich wird mit zunehmender Ausbreitung die Berührung mit fremdrassigen Bestandteilen nicht «verkleinert», sondern vergrößert. Im übrigen hätte sich der Leipziger Geograph, wenn er den Gedanken folgerichtig durchgeführt, sagen müssen, daß dieser Rassenschutz vom Rande nach dem Mittelpunkt zu immer mehr abnimmt, daß also eine völlige Reinheit der Rasse nur in der Mitte, d. h. dem Verbreitungszentrum, das er mit dem Verbreitungsgebiet verwechselt, möglich ist. Da die erwähnte Abhandlung, eine Erweiterung eines auf dem 7. Internationalen Geographenkongreß in Berlin gehaltenen Vortrags, auf manche Leute, wie ich höre, Eindruck gemacht hat, so sei hier festgestellt, daß das Endergebnis dieser an Irrtümern, Unklarheiten und Widersprüchen reichen Arbeit, «vom 35. Breite-

Kampf ums Dasein und unter der Einwirkung von Boden und Himmel erworbenen Eigenschaften da am besten und reinsten bewahren, wo sie entstanden sind. Ist dies Gebiet durch naturwissenschaftliche Untersuchung festgestellt, so haben wir das Verbreitungszentrum der Rasse gefunden, das ist für Homo europaeus nach den übereinstimmenden Forschungsergebnissen von *Retzius* Vater und Sohn, *von Düben*, *Ecker*, *Arbo*, *Faye*, *Hansen*, *Hultkrantz*, *Hueppe* die Südhälfte der skandinavischen Halbinsel. Aus diesem Ursprungsgebiet der ungemein vermehrungsfähigen Rasse haben sich seit der neueren Steinzeit wiederholte Auswandererströme, die sich durch die Schädelmessung zum Teil noch feststellen lassen, über unseren Weltteil und die benachbarten Landstriche von Asien und Afrika ergossen. Sie sind überall als Eroberer, Staatengründer und Kulturbringer aufgetreten, haben aber mitten unter fremdem Volkstum auf die Dauer ihre Rasse nicht rein erhalten, ihre Tüchtigkeit nicht bewahren können. Immer deutlicher, je mehr die alten Kulturländer im Zweistromland und am Nil erforscht werden, treten ihre Spuren [1]) auch dort zu Tage. Ihr Aussterben oder ihr Aufgehen in minderwertigen Rassen ist die alleinige Ursache des Niedergangs mächtiger Reiche und Völker, des Zusammenbruchs der klassischen Kultur am Mittelmeer.

Auch in unserem Vaterlande, besonders in Süddeutschland, hat die Schädelmessung, wie schon erwähnt, eine Überwucherung der germanischen durch eine rundköpfige Rasse festgestellt, und es liegt auf der Hand, daß ein solcher Rassenwechsel nicht ohne Einfluß auf

---

grad bis zum Polarkreis, vom persischen Meerbusen bis zur Ostsee», eine Lösung der Frage nach der Urheimat der Arier selbstverständlich nicht ist. Als Beispiel der kaum glaublichen Widersprüche sei angeführt S. 102: «Die Wanderungen der Kelten und Germanen sprechen überhaupt gegen eine ethnische Kontinuität im engeren Sinn», dagegen S. 130: «Die blonden Kelten waren nicht bloß Germanen der Rasse nach . . . . . Auch ethnographisch waren Germanen und Kelten eins.»

[1]) Es sind bildliche Darstellungen der ältesten Bevölkerung von Mesopotamien gefunden worden, die ausgesprochene Langköpfe, gerade Nasen und eine durchaus europäische, weder semitische noch mongolische Gesichtsbildung erkennen lassen. Vergl. *Cope,* The oldest civilized men, American Naturalist 1896. No. 8, und meine Besprechung im Globus LXX 22. — Die Ägypter der Steinzeit waren, wie eine bei Assuan gefundene, kürzlich im British Museum ausgestellte Mumie zeigt, nicht nur langköpfig und hochgewachsen, sondern auch lichthaarig. Unter Umständen können freilich die Haare im Lauf der Jahrtausende ihre Farbe verändern. Vgl. *Minakow*, «Untersuchungen von Haaren aus alten Grabstätten und von Mumien», Anthr. Schriften, B. XIX, der K. Gesellsch. der Freunde der Naturkunde etc., Moskau 1899.

Leistungsfähigkeit und geschichtliche Bedeutung eines Volkes sein kann. Von *Ammon*[1]), *Lapouge*[2]) u. A. sind diese wichtigen, früher ganz unbeachteten Vorgänge eingehend untersucht und mit Geist und Scharfsinn erörtert worden, freilich nicht ohne Einseitigkeit, da Beide als Neu-Darwinisten der Auslese eine zu große Wirkung zuschreiben. Sicherlich waren die germanischen Langköpfe den namenlosen Rundköpfen ursprünglich geistig überlegen; der Rassenwechsel ist aber so langsam und allmählich erfolgt, die Verschränkung der Merkmale durch eine seit anderthalb Jahrtausenden wirkende, wahllose Vermischung eine so gründliche, daß mit *Buchner's* beißendem Spott: «es giebt nichts Fataleres, als ein Kurzkopf zu sein», selbstverständlich nur die gedankenlose Übertreibung getroffen wird. Es fehlt nicht an Beispielen, daß auch ein Rundkopf einen schöpferischen bahnbrechenden Geist beherbergt hat. «Obgleich selbst Rundkopf», sagt *Broca* in einer nachträglichen, aus dem Jahre 1873 stammenden Anmerkung, «hatte ich mich demütig dem Urteil unterworfen, das den Langköpfen geistige Überlegenheit zuspricht, aber meine Untersuchungen an Schädeln des 12. Jahrhunderts haben gezeigt, daß das größere Gehirn den Rundköpfen zukommt.» Diese Einzelbeobachtung hat natürlich keine allgemeine Geltung; nur bei gleicher Länge und Höhe sind breitere Schädel geräumiger.

In seiner abfälligen und, das gebe ich gerne zu, für manche Schädelmesser, nicht aber für die Rassenlehre auf naturwissenschaftlicher Grundlage vernichtenden Beurteilung kommt *Buchner* zu dem Schluß: «Die Sprache macht das Volk». Das ist vollkommen richtig, aber «Rasse» und «Volk» sind, wie ich wiederholt[3]) nachgewiesen, zwei ganz verschiedene, allerdings oft verwechselte Begriffe. In den wenigsten Fällen besteht ein Volk nur aus einer, meist aus zwei oder mehr Rassen. Die Völkerkunde auf die Sprache allein zu begründen, wäre ebenso verkehrt wie die ausschließliche Berücksichtigung der Schädelmaße.

«Die Rasse kann nicht im Schädel stecken», gewiß nicht, so wenig als in den Haaren. Die Schädelgestalt, vor allem das Längen-

[1]) Die natürliche Auslese beim Menschen. Jena 1893. — Die Gesellschaftsordnung und ihre natürlichen Grundlagen, 3. Aufl. Jena 1900.

[2]) Les sélections sociales. Paris 1896. — L'Aryen, son rôle social, Paris 1899.

[3]) Rasse, Volk, Staat. Deutsche Ztg. Nr. 58, 1896. — Rassen und Völker. Vortrag, gehalten auf dem 7. Intern. Geographenkongreß in Berlin, Auszug in der Zeitschr. Umschau Nr. 41, 1899. — Herkunft und Urgeschichte der Arier. Heidelberg, J. Hörning, 1899.

breitenverhältnis, ist nur eines der vielen Rassenmerkmale des Menschen, aus den angeführten Gründen aber das wichtigste. Es läßt sich nicht bestreiten, daß die Kraniologie vielfach in eine mit dem Schein der Wissenschaftlichkeit sich brüstende Spielerei, zum Teil sogar, ich erinnere an *Benedikt* und *Török*, in eine neue Phrenologie ausgeartet ist, «entbehrt» werden kann sie aber darum für eine naturwissenschaftliche Rassenlehre doch nicht. Auf die Frage: «Sollen wir weiter messen oder nicht?» haben wir zu antworten: «Ja, aber mit Verstand».

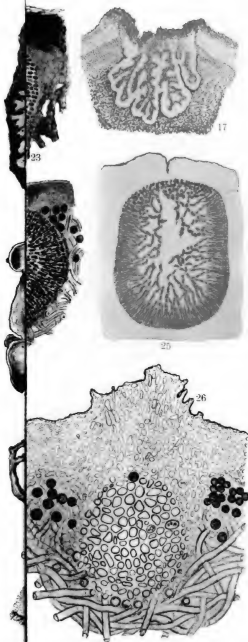
(Sonderabzüge ausgegeben den 4. April 1901.)

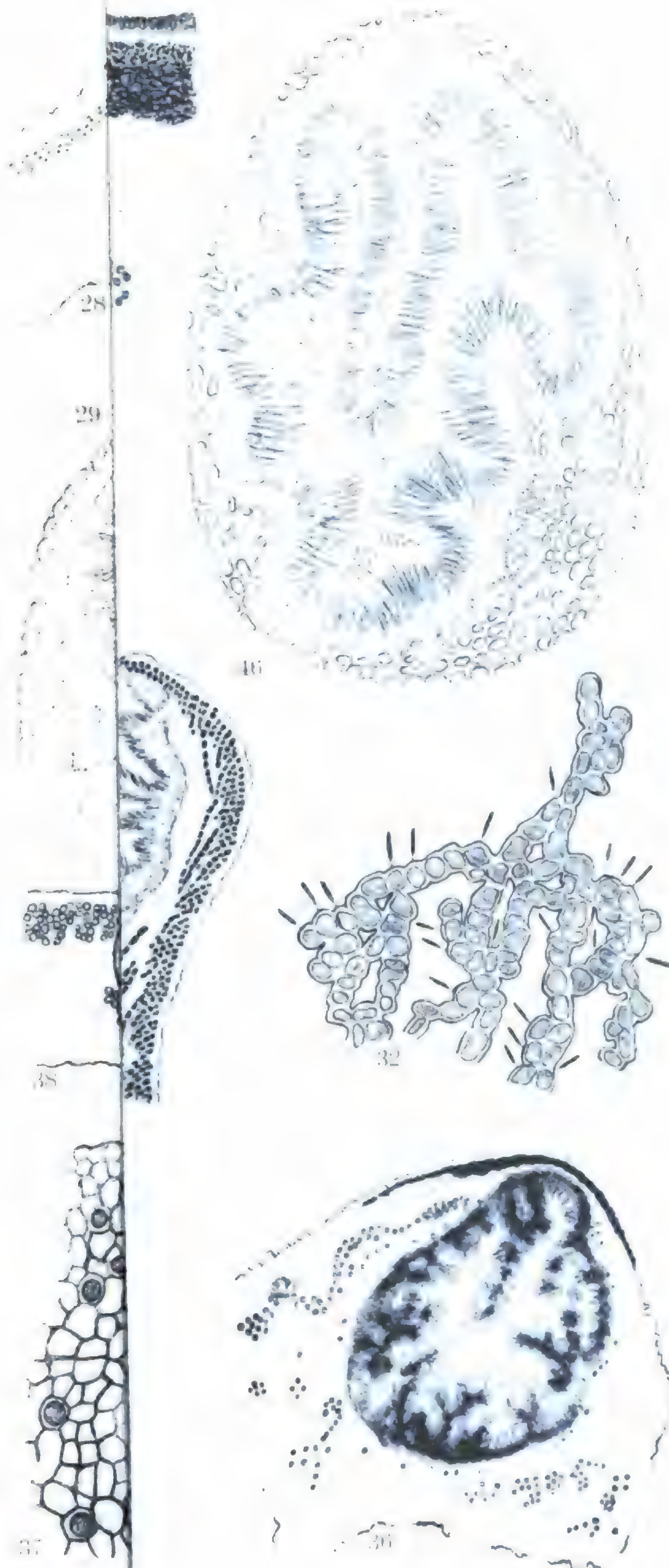
C. F. Winter'sche Buchdruckerei.



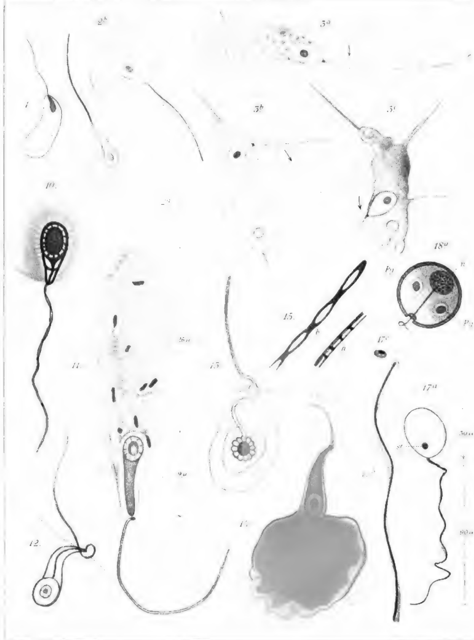
O. Bütschli phot.

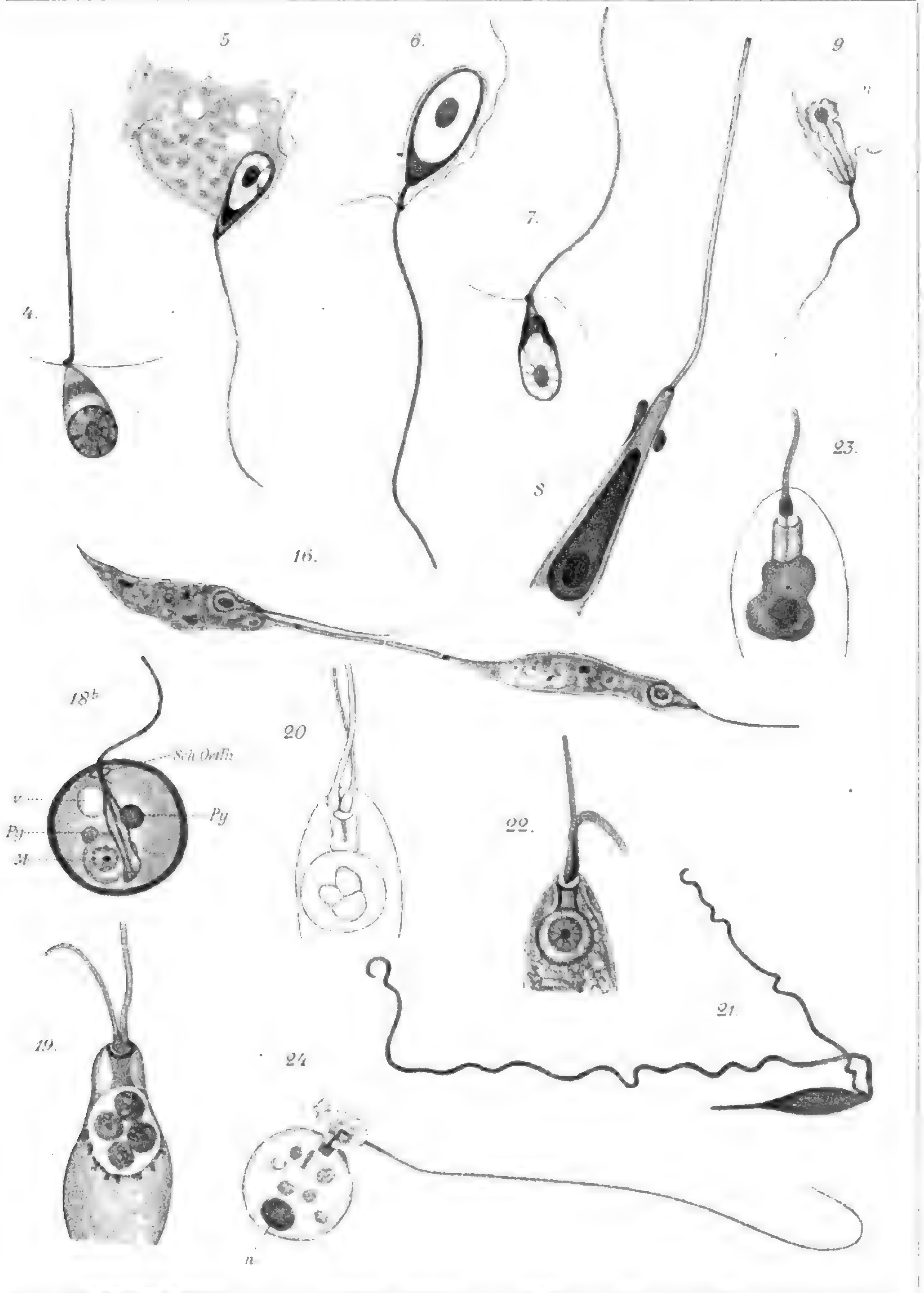
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg.


23
17
25
26

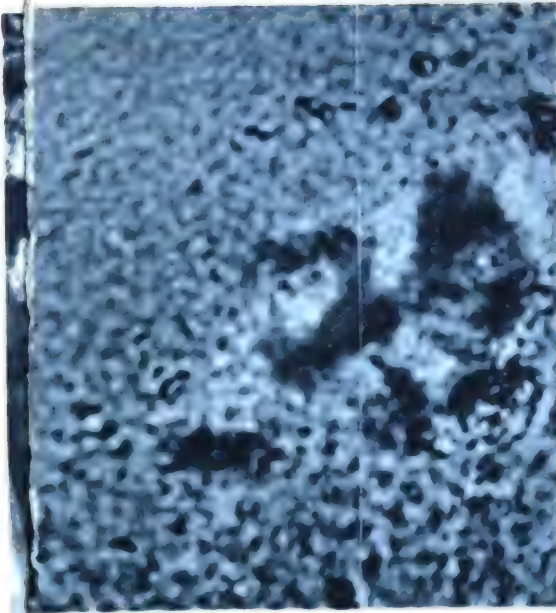


H. Glück ad na Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg.

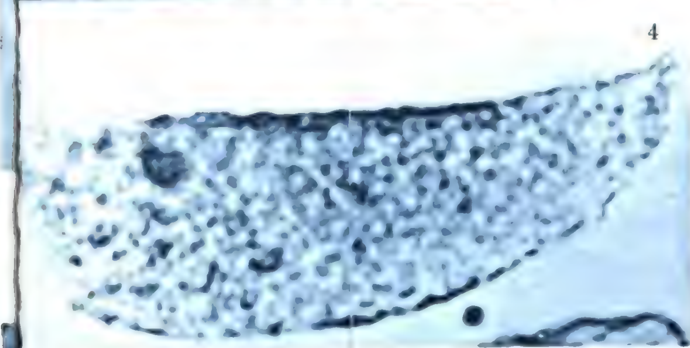



5
6.
7.
9
4.
23.
8
16.
18b
Sch.Ostn
20
v
Py
Py
M
22.
19.
24
21.
n

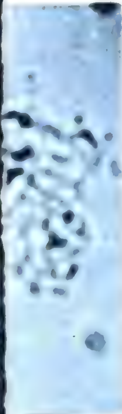
3



4



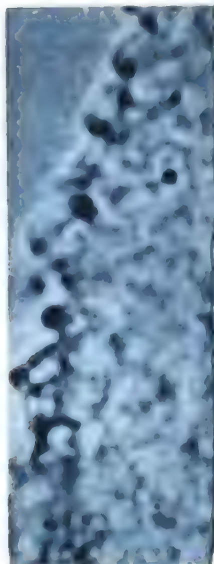
7



8



Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg

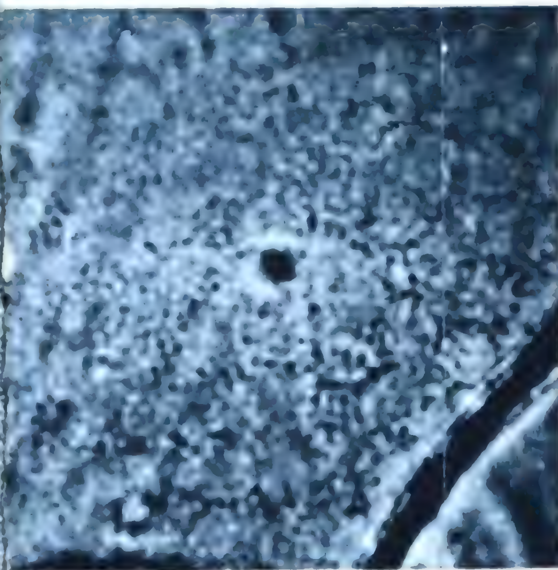


3



4



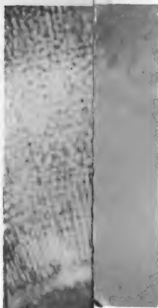


7

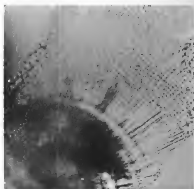
O. Bütschli photog

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg.

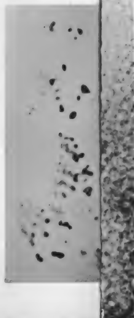
3



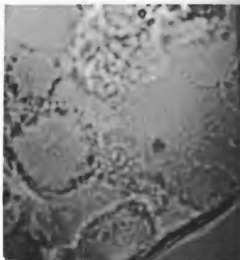
4



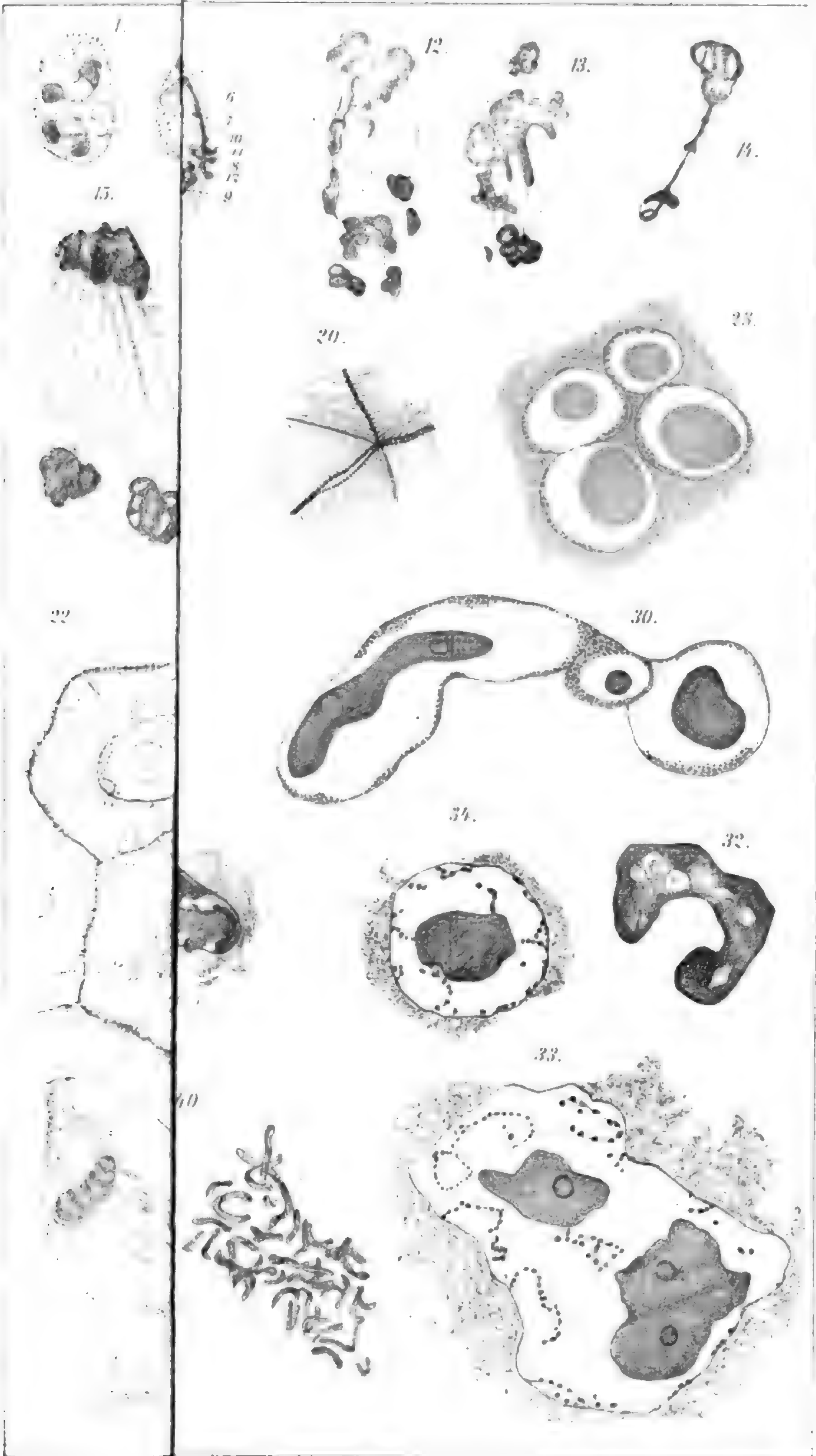
8



9



O. Bütschli photogra


1.
12.
13.
14.
15.
20.
22.
28.
30.
31.
32.
33.
40



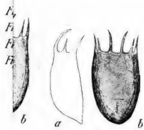


Fig. 25.

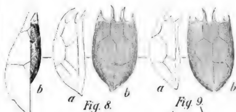


Fig. 8. Fig. 9.

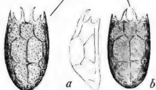


Fig. 27 Fig. 10.

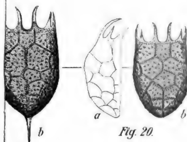


Fig. 20.

…g. 19.

VERHANDLUNGEN

DES

NATURHISTORISCH-MEDIZINISCHEN VEREINS

ZU

HEIDELBERG.

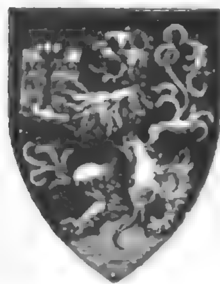
NEUE FOLGE.

SECHSTER BAND.

ERSTES HEFT.

MIT DREI ABBILDUNGEN UND EINER TAFEL.

(AUSGEGEBEN AM 15. DEZEMBER 1898.)



HEIDELBERG.
CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.
1898.

Inhalt.

C. F. WINTER'SCHE BUCHDRUCKEREI.

49

VERHANDLUNGEN

DES

NATURHISTORISCH-MEDIZINISCHEN VEREINS

ZU

HEIDELBERG.

NEUE FOLGE.

SECHSTER BAND.

VIERTES HEFT.

MIT EINER ABBILDUNG IM TEXT UND FÜNF TAFELN.

(AUSGEGEBEN AM 31. DEZEMBER 1900.)



13/II 17

HEIDELBERG.
CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.
1900.

Inhalt.

Die **Gesamtsitzungen** des **Naturhistorisch-Medizinischen Vereins** finden, mit Ausnahme der Ferienmonate, regelmäßig am ersten Freitag jedes Monats statt und werden den Mitgliedern jeweils besonders angezeigt.

Von den in den **Verhandlungen** abgedruckten Arbeiten werden den Verfassern 100 Sonderabzüge gratis geliefert. **Manuskriptsendungen** bittet man an den Schriftführer Prof. **A. Schuberg,** Zoologisches Institut, zu richten.



VERHANDLUNGEN

DES

NATURHISTORISCH-MEDIZINISCHEN VEREINS

ZU

HEIDELBERG.

NEUE FOLGE.

SECHSTER BAND.

FÜNFTES HEFT.

MIT FÜNF ABBILDUNGEN UND EINER TAFEL.

(AUSGEGEBEN AM 1. MAI 1901.)



HEIDELBERG.
CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.
1901.

Inhalt.

Seite.

Die **Gesamtsitzungen** des **Naturhistorisch-Medizinischen Vereins** finden, mit Ausnahme der Ferienmonate, regelmäßig am ersten Freitag jedes Monats statt und werden den Mitgliedern jeweils besonders angezeigt.

Von den in den **Verhandlungen** abgedruckten Arbeiten werden den Verfassern 100 Sonderabzüge unentgeltlich geliefert. **Manuskriptsendungen** bittet man an den Schriftführer Prof. **A. Schuberg,** Zoologisches Institut, zu richten.

C. F. WINTER'SCHE BUCHDRUCKEREI






UNIVERSITY OF CHICAGO
65 398 330